

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО»**

**ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра хімічного полімерного і силікатного машинобудування**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

**«На правах рукопису»**

**УДК 62-1/-9**

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

Гондлях

О.В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування

спеціалізація Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів

на тему: Обертова піч 5х100 м. для випалу вуглецевих матеріалів з модернізацією корпусу.

виконав студент 2 курсу, групи ЛП-82мп

Романець Роман Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Науковий керівник асистент, к.т.н.ю Лелека С.В.

Консультант (модернізація) проф. Щербина В.Ю.

Консультант (ТМ та Е) ст. викл. Борщик С.О.

Рецензент \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань

Студент

Київ 2019 рік

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ**  
**СІКОРСЬКОГО»**  
**ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
**Кафедра хімічного полімерного і силікатного машинобудування**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

Спеціалізація - Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О.В.Гондлях

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**

Романцю Роману Івановичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Обертова піч 5х100 м. для випалу вуглецевих матеріалів з модернізацією корпусу.

Науковий керівник дисертації асистент, Лелека С.В.,  
затверджений наказом по університету від «01» 11 2019 р. № 3807-с

2. Строк подання студентом дисертації 10.12.2019 р.

3. Об'єкт дослідження: процес прожарювання коксу в обертових печах.

4. Предмет дослідження обертова піч. Вихідні дані – продуктивність 1000 т/доба, потужність електродвигуна – 400 кВт, частота обертання печі – 1,53 об/хв., ухил печі – 4%, витрата тепла на 1 кг. Клінкеру – 3,57 МДж.; габарити: довжина - 100 м., діаметр - 5 м., маса – 856 т.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Магістерська дисертація включає такі розділи: Зміст, Вступ, Призначення та галузь застосування лінії, Технічні характеристики базової машини, Опис базової конструкції, її основних частин та принципу дії, Літературно-патентний огляд стану питання, Обґрунтування запропонованої модернізації, Розрахунки, Охорона праці, Технологія монтажу та експлуатації, Стартап-проект, Висновки, Перелік посилань, Додатки.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Обертова піч 5х100 з модернізацією корпусу - 1 лист, А1; Технологічна схема виробництва електродів - 1 лист, А1; Корпус печі базовий - 1 лист, А2; Корпус печі модернізований - 1 лист, А2; Вузол шестерні - 1 лист, А1; Бандажі - 1 лист, А2; Розрахунки базової 3D

моделі корпусу печі в середовищі ANSYS - 1 лист, А2; Розрахунки модернізованої 3D моделі корпусу печі в середовищі ANSYS - 1 лист, А2;

7. Орієнтовний перелік публікацій: тези на IX Всеукраїнську науково-практичну конференцію "Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки" (6-7 червня 2019р.):

#### 8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Монтаж і експлуатація обладнання	Борщик С.О., ст.викл.		
Модернізація	Щербина В.Ю., проф.		
Перевірка на оригінальність	Щербина В.Ю., проф.		

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Вступ. Призначення та галузь застосування лінії	1.11.2019-5.11.2019	
2	Опис лінії і машини	6.11.2019-10.11.2019	
3	Літературно- патентний огляд, обґрунтування модернізації	11.11.2019-13.11.2019	
4	Охорона праці	12.11.2019-14.11.2019	
5	Стартап-проект	14.11.2019-17.11.2019	
6	Розрахунки які підтверджують працездатність машини	18.11.2019-20.11.2019	
7	Розрахунки 3D моделі	21.11.2019-27.12.2019	
8	Монтаж та експлуатація машини	28.11.2019-2.12.2019	
9	Висновки, перелік посилань	3.12.2019-6.12.2019	
10	Оформлення ПЗ	7.12.2019-9.12.2019	
11	Оформлення креслень	10.12.2019	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Романець Р. І.

Керівник дисертації

\_\_\_\_\_ (підпис)

Лелека С. В.

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація : 100 с., 7 рис., 8 табл., 2 додатки, 32 джерел.

Виконано магістерську дисертацію на тему «Обертова піч 5x100 для прожарювання вуглецевого матеріалу з модернізацією корпусу».

Метою магістерської дисертації є вдосконалення роботи обертової печі за рахунок модернізації корпусу печі.

*Об'єкт дослідження* – процес прожарювання коксу в обертових печах.

*Предмет дослідження* – обертова піч 5x100 для прожарювання вуглецевих матеріалів.

В наш час найбільше уваги при проектуванні заводів та прожарюванні коксу приділяється дослідженню обертових печей, тому що саме в цих агрегатах відбуваються найважливіші фізико – хімічні перетворення, які впливають на якість отримання готового продукту.

В дипломному проекті приведено вибір та обґрунтування модернізації корпусу печі, та запропонована нова ідея, що значно зменшує згорання дорогого матеріалу при прожарюванні, ефективно проводити рекуперацію теплоти летючих, які виділяються при прожарюванні матеріалу, а саме виділення окремої зони роботи пальника. Теоретичні ідеї модернізації підтверджені результатами розрахунку, які виконані з допомогою сучасних САПР систем «ANSYS» та «САТІА». Аналіз розрахунків показав можливість впровадження розробленої конструкції в промисловість. Доцільність проведення модернізації підтверджуються економічним розрахунком, який представлений в пояснювальній записці.

Виготовлення електродів передбачається вести з високим рівнем механізації та автоматизації. Пояснювальна записка також містить розділ техніки безпеки та охорони праці, який представляє необхідні безпечні умови на виробництві.

**ОБЕРТОВА ПІЧ, КОКС ПРОЖАРЮВАННЯ, МЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ**

## ABSTRACT

Master's Thesis: 88 pp., 7 figs., 8 tables., 2 supplements, 32 sources.

A master's thesis on "Rotary kiln 5x100 for annealing carbon material with the modernization of the body". The aim of the master's thesis is to improve the operation of the rotary kiln by modernizing the kiln body.

The object of study is the process of calcining coke in a rotary kiln.

The subject of the study is a 5x100 rotary kiln for carbonaceous materials annealing.

Nowadays, the most attention is paid to the study of rotary kilns when designing plants and calcining coke, because it is in these units that the most important physical and chemical transformations occur that affect the quality of the finished product.

The diploma project outlines the choice and justification of the furnace body modernization, and proposes a new idea that significantly reduces the combustion of expensive material during annealing, to effectively recover the heat of the volatiles released during annealing the material, namely the allocation of a separate zone of the burner. Theoretical ideas of modernization are confirmed by the results of the calculation, which are executed with the help of modern CAD systems "ANSYS" and "CATIA". The analysis of the calculations showed the possibility of implementation of the designed structure in the industry. The expediency of modernization is confirmed by the economic calculation presented in the explanatory note.

Manufacture of electrodes is expected to be conducted with a high level of mechanization and automation. The Explanatory Note also contains a section on occupational safety and health, which presents the necessary safe working conditions.

ROTATING OVEN, COKE, BURNING, MECHANICAL EQUIPMENT.

## ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

N –	потужність,	Вт;
П –	продуктивність,	т/год;
n –	частота обертання,	об/хв;
$\rho$ –	щільність,	кг/м <sup>3</sup> ;
T –	температура,	°С;
p –	тиск,	Па;
E –	модуль пружності,	Па;
$\sigma$ –	напруження,	Па;
f –	площа поперечного перерізу,	м <sup>2</sup> ;
$\delta$ –	товщина футеровки,	мм;
L –	довжина,	м;
D –	діаметр,	м;
P –	навантаження,	Н;
$\eta$ –	коефіцієнт корисної дії,	
$\mu$ –	коефіцієнт Пуассона,	
$\lambda$ –	коефіцієнт теплопровідності,	Вт/м °С;
$\alpha$ –	коефіцієнт тепловіддачі,	Вт/м <sup>2</sup> °С;
U –	прогин,	мм,
V –	швидкість,	м/с;
Q –	теплота,	Дж/м <sup>3</sup> ;

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИГОТОВЛЕННЯ ГРАФІТОВИХ ЕЛЕКТРОДІВ.....	12
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕЧІ .....	15
3 ОПИС ПЕЧІ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН І ПРИНЦИПУ ДІЇ .....	16
1.2 Режими роботи печі .....	17
1.3 Теплова характеристика роботи печей.....	19
4 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД .....	23
4.1 Пошук технічних рішень .....	23
4.2 Обґрунтування обраної модернізації .....	27
5 МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБЕРТОВОЇ ПЕЧІ ДЛЯ ВИПАЛЮВАННЯ ВУГЛЕЦЕВОГО МАТЕРІАЛУ .....	30
6 РОЗРАХУНКИ, ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ОБЕРТОВОЇ ПЕЧІ .....	1
6.1 Параметричні розрахунки .....	1
6.2 Розрахунки на міцність .....	4
7 РОЗРОБКА СТАРТАП – ПРОЕКТУ .....	15
7.1. Обґрунтування доцільності модернізації обертової печі 5x100.....	15
7.2. Обґрунтування потреби в обладнанні з урахуванням вимог споживача .	16
7.3 Розрахунок витрат на проектні роботи .....	16
7.4. Розрахунок витрат на виготовлення обладнання.....	23
7.5. Розрахунок техніко-економічних показників до і після модернізації .....	26
7.6. Оцінка ефективності модернізації .....	31
8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	34
8.1 Виробниче освітлення.....	34
8.2 Електробезпека .....	35
8.3 Повітря робочої зони.....	36
8.4 Небезпека впливу деталей, що рухаються і обертаються .....	36
8.5 Виробничий шум .....	37
8.6 Пожежна безпека .....	37
ВИСНОВОК .....	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	41

ДОДАТОК А Специфікації .....	44
ДОДАТОК Б Креслення.....	45



## ВСТУП

**Актуальність теми.** Виробництво кольорових металів, твердих сплавів, електродне та хімічне виробництво, напівпровідникова промисловість, атомна енергетика, - всі ці галузі є зростаючими споживачами матеріалів на основі вуглецю. Однією з основних технологічних операцій у виробництві електродної продукції є процес відпалу вуглецевого матеріалу при високій температурі. З усіх відомих в даний час технологічних агрегатів для прожарювання коксу найбільш поширені в промисловості це обертові печі, які характеризуються найменшою вартістю, простотою обслуговування, високою продуктивністю, вимагають мінімальних витрат на обслуговування.

Обертова піч є одним з найбільших споживачів енергії у промисловості тепловий ККД якої не перевищує 55%. Також необхідно зазначити, що при відпалі вуглецевого матеріалу у печі, його велика кількість згорає, що при випалі дорогого матеріалу, не є економічно вигідно. Одним з таких матеріалів є голчатий кокс ціна якого становить близько 3200 доларів за тону. Така проблема змушує виробників електродної продукції шукати шляхи для запобігання згоранню матеріалу в печі. Саме тому вдосконалення та модернізація обертових печей з метою підвищення їх експлуатаційних характеристик є важливим завданням промисловості України.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана на кафедрі хімічного, полімерного та силікатного машинобудування Інженерно-хімічного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» відповідно до пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки в Україні (Постанова Кабінету Міністрів (КМ) України від 24.12.2001 р, № 1716), Державної програми розвитку промисловості на 2003-2011 роки (Постанова КМ України від 28.07.2003 р, № 1174), а також відповідно з планом науково-дослідних робіт: в рамках держбюджетної НДР «Розробка енергоефективних технічних рішень з модернізації обертових печей електродного виробництва із частковою заміною природного газу на сингаз», № ДР

0119U100163; в рамках господарчого договору №804/1880272/04 «Автоматизація ротаційної печі прожарювання №5» від 01.03.2018; автор – співвиконавець тем.

**Мета і завдання дослідження.** Метою магістерської дисертації є вдосконалення роботи обертової печі за рахунок модернізації корпусу печі.

*Об'єкт дослідження* – процес прожарювання коксу в обертових печах.

*Предмет дослідження* – обертова піч 5x100 для прожарювання вуглецевих матеріалів.

**Науково-практична новизна.** Застосування розробленого технічного рішення при отриманні прожареного вуглецевого матеріалу, дозволяє суттєво зменшити згорання матеріалу, що прожарюється, та збільшити енергетичну ефективність печі завдяки збільшенню ефективності рекуперації теплоти димових газів та летючих, що виділяються під час процесу прожарювання. Запропоновані технічні рішення можуть бути використані як в електродному виробництві, так і в нафтопереробній та будівельній промисловості.

**Методи дослідження.** Дослідження ґрунтуються на достовірних гіпотезах і адекватних математичних моделях, пов'язаних системах рівнянь механіки суцільного середовища, використання апробованого математичного апарату чисельних методів МСЕ, розроблених числових методиках, алгоритмах і ПЗ, використанні сучасної контрольно-вимірювальної апаратури і статистичних методів обробки даних експериментів.

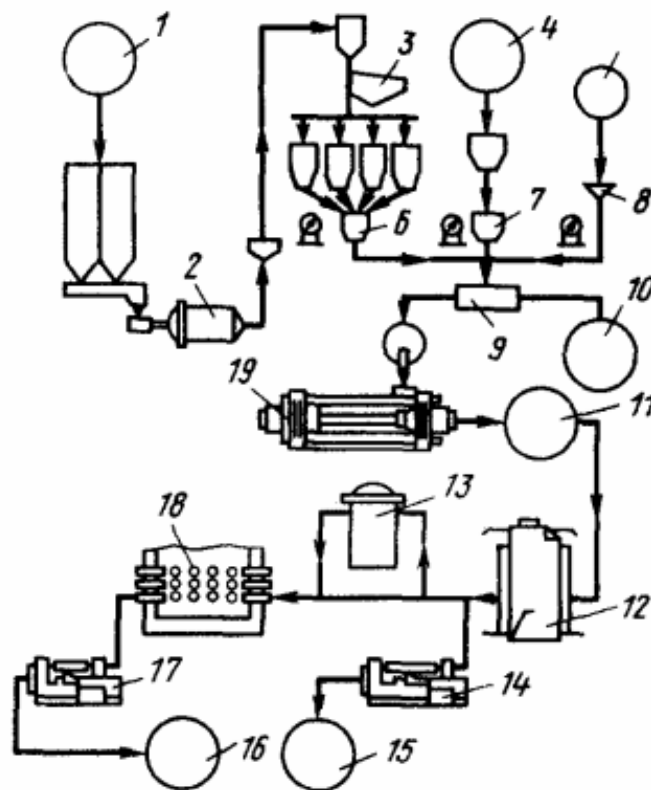
При виконанні даного проекту було розглянуто та виконано:

- технологічну лінію прожарювання вуглецевого матеріалу;
- технічні характеристики обертової печі;
- опис конструкції обертової печі, її основних частин і принципу дії;
- визначення недоліків та переваг;
- літературний та патентний пошук направлений на досягнення поставленої мети;
- визначення раціональних технічних рішень з модернізації базової машини;
- параметричні, кінематичні та розрахунки на міцність, які підтверджують працездатність модернізованої конструкції;

- охорона праці й навколишнього середовища;
- визначення очікуваних механіко-економічних показників проведеної роботи.

# 1 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИГОТОВЛЕННЯ ГРАФІТОВИХ ЕЛЕКТРОДІВ

Технологічна схема виготовлення електродної продукції складається з ряду основних операцій: прийом і підготовка сировинних матеріалів, приготування електродної маси, формування заготовок, відпал, просочування, графітування і механічна обробка заготовок (Рисунок.1.1).



1 – склад сировини; 2 – дроблення, розмел; 3 – розсів; 4 – склад пеку;  
5 – склад добавок; 6 – дозування шихти; 7 – дозування пеку; 8 – дозування  
добавок; 9 – змішування; 10 – товарні маси; 11 – склад заготовок; 12 – відпал;  
13 – просочування; 14 – механічна обробка вугільної продукції; 15 – склад  
вугільної продукції; 16 – склад графітної продукції; 17 – механічна обробка  
графітної продукції; 18 – графітація; 19 – пресування.

Рисунок 1.1 – Технологічна схема виготовлення графітових електродів

Підготовка сировинних вуглецевих матеріалів в значній мірі визначає стабільність технологічного процесу виготовлення електродної продукції на етапах пресування, відпалу, графітації і механічної обробки та кінцеву якість виробів. Сировиною для виготовлення електродного графіту служать продукти нафтової і кам'яновугільної промисловості: піролізні і крекінгові нафтові кокси, пекові кокси, кам'яновугільні пеки і смолопеки [8].

Потрапляючи на електродні заводи всі вуглецеві сипучі матеріали піддають термообробці: сушці та прожарюванню.

Прожарювання – це термічна обробка сировини при високих температурах без доступу повітря. В процесі прожарювання із сировини повністю видаляється волога та значна частина летучих речовин, зростає щільність, механічна міцність, електрична провідність, теплопровідність і термостійкість.

При температурі близько 400 °С з сировини починається постійне видалення летучих, а найбільш інтенсивні виділення летучих відбуваються при температурі 550-700 °С. В інтервалі 700-1000 °С летучі сполуки майже повністю розкладаються до вуглецю та водню, а також при цій температурі зростає глибина піролізу, завдяки чому відбувається ущільнення структури коксів. Максимальна щільність мало зернистого коксу спостерігається при температурі прожарювання 1300 °С. При подальшому підвищенню температури газовиділення різко знижується і при 1100-1300 °С в основному завершується.

Далі сировина проходить процес розсіювання і потрапляє в сортові бункери. З сортувальних бункерів певна кількість фракції і зв'язуючого надходить у змішувач. При процесі змішування досягається отримання однорідної маси, яка добре піддається пластичній деформації. Час перемішування матеріалу становить 1-3 години при температурі близько 125-150 °С. Під час перемішування додають хімічні сполуки, які сприяють покращенню структури графіту. При необхідності вуглецева маса охолоджується і потрапляє в пресове відділення, де набуває необхідної форми [25].

На етапі пресування заготівка набуває всіх властивостей, які впливають на якість готових виробів.

Після пресування і охолодження вуглецево-графітові вироби піддають випалу – термічній обробці заготовок, яка призводить до спікання наповнювача коксом зв'язуючого. Зазвичай такий випал проводять в кільцевих печах Рідгамера та печах з викотним подом.

Уже відпалена заготовка проходить останній процес – графітації. Процес графітації у промисловості здійснюється в електричних печах спротиву за температури не нижче 2500 – 2800°C .

#### Висновки

1. Розглянуто технологічна схема виготовлення графітових електродів;
2. Визначено, що підготування сировини матеріалу визначає стабільність процеси виготовлення електродів та їх кінцеву якість;

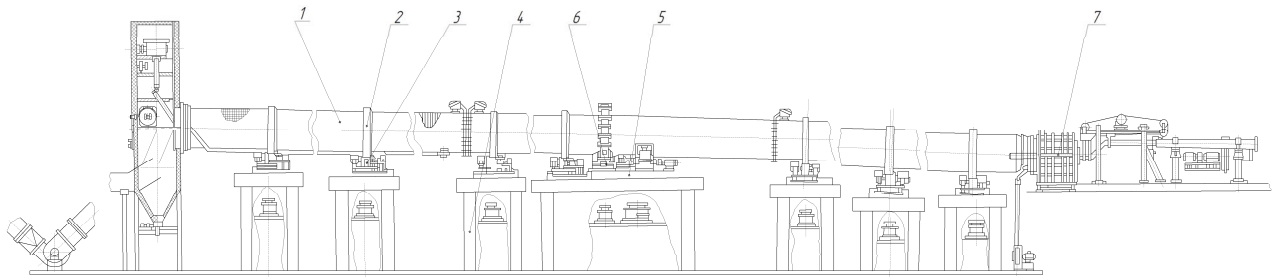
## 2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕЧІ

Довжина печі, м	100
Діаметр барабану, м	5
Добова продуктивність (проектна), т	1000
Витрата тепла на 1 кг клінкеру (проектний), МДж	3,57
Знімання клінкеру з 1 м <sup>2</sup> футерування, кг / год	57
Відношення довжини до діаметра	20
Ухил печі, %	4
Частота обертання печі, об/хв	1,53
Потужність електродвигуна, кВт	400
Маса, т:	856

## 3 ОПИС ПЕЧІ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН І ПРИНЦИПУ ДІЇ

### 1.1 Конструкція обертової печі прожарювання

Піч 5х100 призначена для випалювання вуглецевих матеріалів зображена на рисунку 3.1.



1 – барабан, 2- бандажі, 3 – роlikоопори, 4 – фундаментні опори, 5 – привід,  
6 – зубчаста передача, 7 - горілка

Рисунок 3.1 – Обертова піч 5х100 для випалу вуглецевого матеріалу

До основних елементів і вузлів обертової печі відносяться наступні: корпус, бандажі, роlikоопори, відкрита зубчаста передача, головний і допоміжний приводи, пристрої для утримання печі від сповзання, теплообмінні пристрої, ущільнення гарячого і холодного кінця.

Корпус обертової печі 5х100м, для прожарювання вуглецевого матеріалу, являє собою зварений барабан 1 з листової сталі товщиною 30...110мм, футерований усередині вогнетривкою цеглою, спираючийся бандажами 2 на семи роlikоопорах 3. Роlikоопори у вигляді двох рознесених по ширині роликів змонтовані на рамах і встановлені на фундаментних упорах 4.

Піч має ухил до горизонту, що складає 3.5°. У даній конструкції вона утримується від сповзання гідроопорами.

Піч приводиться в обертання головним приводом 5, розташованим на упорі IV, через відкриту зубчасту передачу 6. Привід печі двосторонній. Піч забезпечується також допоміжним приводом, що використовується для повертання корпусу з малою частотою обертання при виконанні ремонтних і



футеровочних робіт, а також в аварійних ситуаціях.

## **1.2 Режими роботи печі**

В вище описах печах прожарюють різні за властивостями вуглецеві матеріали. Наприклад, нафтовий кокс містять близько 7% летючих речовин, здатних згорати, антрацит – 3-4%, а пековий кокс – біля 1%. Антрацит – щільний матеріал і має високі абразивні властивості, кокс же пористий і менш абразивний. Властивості сировинних матеріалів, особливо їх вміст летючих речовин, сильно впливає на режим роботи печі.

За відповідністю послідовного ходу технологічних перетворень при прожарюванні вуглецевих матеріалів всю довжину печі слід розділити на три зони.

Перша – зона підсушки і підігріву газами, які відходять. Це найдовша зона, в якій прагнуть найефективніше використовувати тепло відхідних газів, температура яких на початку зони близько 1100 °С, а в кінці - близько 500-600 °С, чим коротше піч, тим вище температура газів, що залишають її.

Друга – зона прожарювання, характеризується найбільшою температурою газового потоку (1300-1400°С). Матеріал нагрівається в ній до 1250-1300 °С. Довжина зони прожарювання визначається довжиною факела палаючого газу і зазвичай складає близько 5 м. Якщо в матеріалах міститься велика кількість летючих, наприклад нафтовий кокс, то в результаті їх горіння зона прожарювання може зрости до 12-15м.

Третя – зона охолодження. Це – найкоротша зона, вона розташована в передній частині печі перед факелом палаючого газу. Нормальною довжиною для цієї зони слід вважати 2-3 м. Однак в залежності від стану зони прожарювання, яка може пересуватися як в одну, так і в іншу сторону печі, довжина зони охолодження може і скорочуватися до 1м, і збільшуватися до 5–6 м . Це порушення технологічного режиму, а тому неприпустимо.

Найбільш відповідальною є зона прожарювання, від довжини і розташування якої залежить якість прожарювання, величина угару. У разі найбільшого видалення зони прожарювання від гарячої головки печі різко зростає угар матеріалу, так як надходить в піч надлишок повітря, необхідний для спалювання летучих речовин, проходячи над шаром вже прожареного і нагрітого до 1200 °С матеріалу, спалює його. Чим довше ця ділянка, тим більше згорає матеріалу і більш збіднене киснем повітря надходить в зону прожарювання. Через нестачу кисню летючі речовини, які виділились, повністю не згорають в печі, а догорають вкінці, куди разом з матеріалом надходить повітря. Іноді летючі догорають за межами печі; при цьому спостерігається різке підвищення температури газів, що відходять.

Подовження зони прожарювання є позитивним фактором, так як створюються умови для більш тривалого перебування матеріалу при найбільш високій температурі в печі і, отже, більш швидкого і кращого прожарювання. При великій довжині зони прожарювання може бути збільшена продуктивність печі, для цього потрібно лише збільшити швидкість руху матеріалу за рахунок збільшення числа оборотів печі.

До параметрів технологічного режиму печі відносяться також обсяг завантаження печі матеріалом, швидкість руху матеріалу, температура і тягові умови.

Обсяг завантаження залежить від діаметра печі і складає 6-15 % її обсягу; чим більше діаметр печі, тим менше повинен бути коефіцієнт заповнення. При внутрішньому діаметрі печі близько 1м коефіцієнт заповнення допускається 12-15%, а при діаметрі 2,5-3,5 – до 6-8%. При занадто високому коефіцієнті заповнення печі погіршуються умови прожарювання, пересування матеріалу і тепловіддача футеруванню, тому корпус печі перегрівається, а якість прожарювання знижується. Однак при зменшенні коефіцієнта заповнення печі зменшується її продуктивність. Для створення сприятливих умов управління режимом і стабільної якості прожарювання коефіцієнт заповнення при експлуатації печі повинен бути постійним. Тому піч повинна бути обладнана

точними дозаторами. Оскільки на печах зазвичай використовують, дозатори об'ємного дії, то для сталості масового завантаження потрібно сталість гранулометричного складу матеріалів, які потрапляють в піч. Особливу увагу слід звертати на максимальну крупність матеріалу, яка не повинна перевищувати 50 мм.

Час перебування матеріалу в печі в основному визначається її розмірами, температурним режимом і властивостями матеріалів, які прожарюються. Наприклад, для нафтового коксу, розміри шматків якого досягають 50 мм, при нормальному коефіцієнті завантаження і робочій температурі близько 1400 °С час перебування в зоні прожарювання має бути не менше 20 хв. У промисловій практиці в печах довжиною 40-45м час перебування матеріалу в печі становить 80-90 хв.

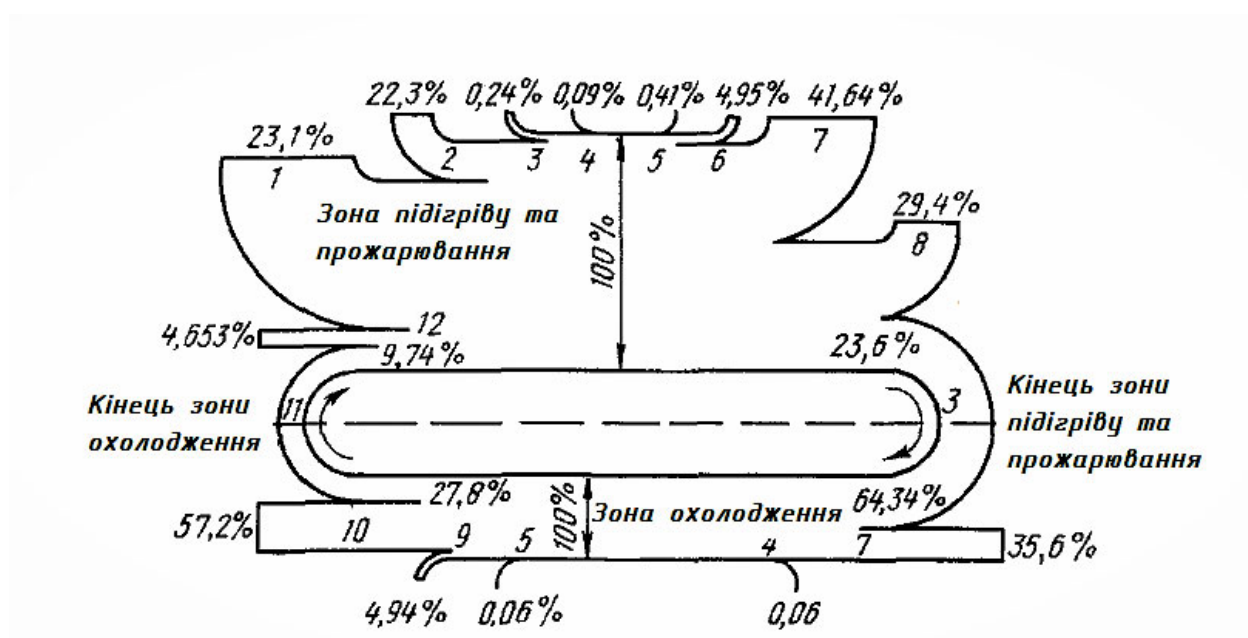
Для раціонального режиму прожарювання необхідно, щоб в печах існувала гнучка система регулювання розрідження в межах від 1 до 20 Па.

### **1.3 Теплова характеристика роботи печей**

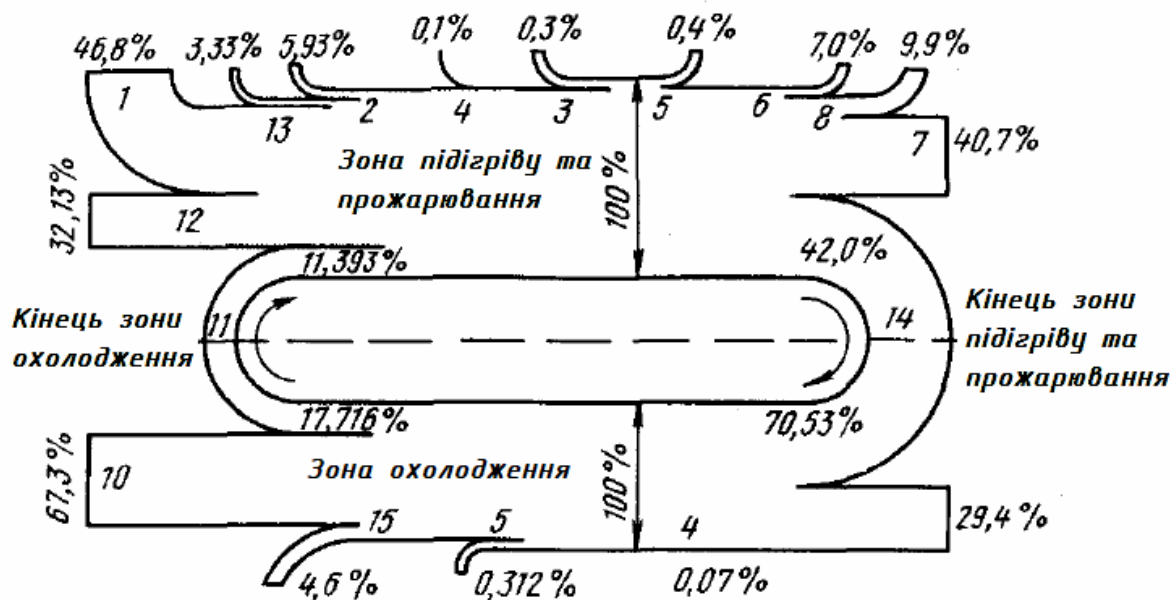
Із зазначено вище зрозуміло, що механічний стан печі та її технологічні характеристики (включно з продуктивністю та якістю прожарювання) залежать від теплового стану.

На Рисунок 3.2 (а, б) приведено теплові баланси обертових печей при прожарюванні різних матеріалів за [29].

У першому випадку Рисунок 3.2 (а) прожарювалась суміш нафтового коксу с пековим, а на Рисунок 3.2 (б) – тільки пековий кокс. Вміст летючих в пековому коксі близько 1%, а в нафтовому – 7%.



а)



б)

а) суміш коксів – нафтового та пекового; б) тільки пековий кокс

1 – хімічне тепло згорілого матеріалу; 2 – хімічне тепло летючих;

3, 14 – фізичне тепло матеріалу; 4 – фізичне тепло повітря;

5 – помилки розрахунку балансу; 6 – втрати в навколишнє середовище; 7 – хімічне тепло відхідних продуктів; 8 – фізичне тепло відхідних продуктів; 9 – фізичне тепло коксів; 10 – втрати тепла з водою і в навколишнє середовище; 11 – хімічне і фізичне тепло відхідних продуктів горіння; 12 – фізичне і хімічне тепло газу; 13 – фізичне і хімічне тепло палива; 14 – фізичне тепло продуктів, які вивантажуються.

Рисунок 3.2 – Тепловий баланс обертової печі при прожарюванні суміші коксів та тільки пекового.

При прожарюванні суміші коксів ККД печі становить 24%, а при прожарюванні пекового коксу він підвищується до 42%. Настільки різке коливання ККД печі пояснюється тим, що при складанні теплового балансу печі враховано тепло, отримане від спалювання летючих речовин, які виділяються у печі. При прожарюванні суміші нафтового коксу це – 22,3% від усього тепла, що надійшло в піч; а при прожарюванні пекового коксу ця величина складає 3,3%. Крім того, у відхідних продуктах горіння, що також впливає з теплових балансів, міститься велика кількість незгорілих горючих газів. При прожарюванні сумішей з нафтовим коксом ці втрати досягають надзвичайно великих величин і складають 41,6%, при прожарюванні пекового коксу вони значно нижчі і складають близько 10%. Пояснюється це тим, що до цих пір невідомий та не розроблений спосіб повного спалювання летючих речовин, що виділяються в печі.

Розглянувши тепловий баланс печі, можна переконатись, що найбільші втрати теплоти спостерігаються з газами, що відходять, з поверхні кожуха печі з вихідним матеріалом, а отже вирішення задачі рекуперації цієї теплоти є найбільш доцільним з точки зору збільшення енергоефективності печі прожарювання вуглецевого матеріалу.

Обертові печі характеризуються високою продуктивністю та надійністю в експлуатації. Важливим достоїнством обертових печей є відносна рівномірність температури випалювальних матеріалів, зумовлена його пересипанням. Рівномірний відпал забезпечує високу якість продукції.

До недоліків печі можна віднести великі витрати палива, висока температура вихідних газів, обмежені технологічні можливості, при прожарюванні дорогих сортів матеріалів велика кількість матеріалу згорає. [30].

## Висновки

1. Розглянуто конструкцію обертової печі прожарювання та режими її роботи.
2. Розглянуто теплову характеристику роботи печі прожарювання.
3. Визначено, що при прожарюванні графітового коксу 42% тепла в піч потрапляє за рахунок його згорання.

4. Визначено, що при прожарюванні дорогих сортів графітового коксу такі втрати не є раціональними та відповідно є недоліком обертової печі.

## 4 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД

### 4.1 Пошук технічних рішень

З метою позбавлення печі вказаних недоліків та підвищення його експлуатаційних характеристик проведений патентний пошук.

Так в патенті [19] показано (Рисунок. 4.1) обертову піч з модернізацією корпусу. Метою цього винаходу є інтенсифікація процесів теплообміну і перемішування, а також ліквідація мертвих зон під час перемішування сипучих матеріалів.

Зазначена задача вирішується тим, що у обертовій печі, що містить змонтований з ухилом корпус, що спирається через бандажі на опорні ролики, пристрій подачі палива і повітря, живильну трубу для подачі сипучих матеріалів і розвантажувач продукту, корпус печі виконаний з ділянок печі з круглим поперечним перерізом, поздовжні осі яких розташовані аксіально осі обертання печі, при цьому ділянки печі з'єднані між собою кільцеподібними елементами.

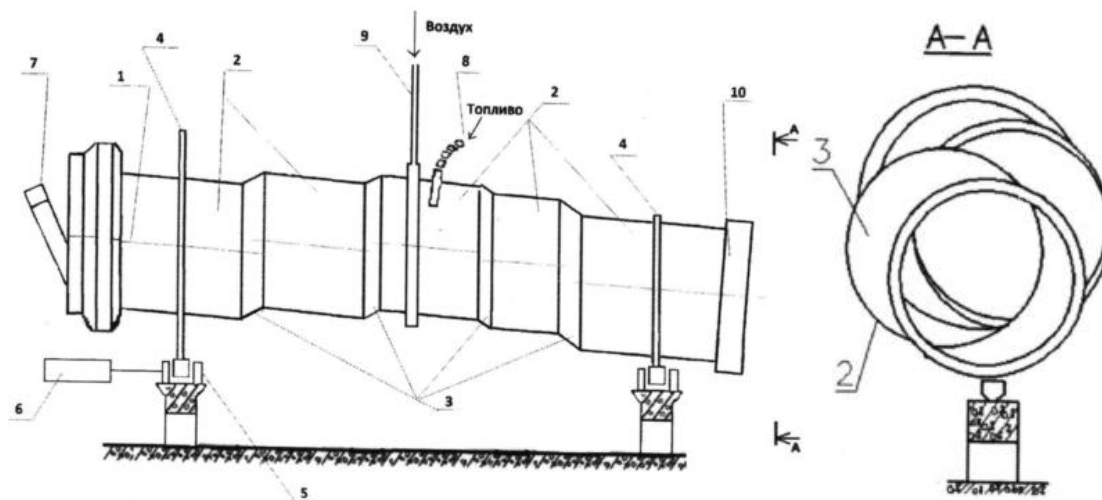


Рисунок 4.1 — Обертова піч з модернізацією корпусу

В [18] поставлена задача створення обертової печі, яка забезпечила б повне виключення висипання матеріалу з кожуха і щита назовні, що тим самим дозволило б забезпечити керованість технологічним процесом випалу, а також підвищило б експлуатаційну надійність і безпеку експлуатації печі.

Завдання вирішується тим, що у обертової печі, переважно для отримання цементного клінкеру, що містить встановлений на підставі циліндричний корпус, на якому обертається, охоплюючи його з кільцевим проміжком, закріплений рухомий кожух, пропущені через кільцевий проміжок всередину корпусу патрубки, встановлені таким чином, щоб у верхньому положенні кожного патрубка розташований всередині корпусу його кінець знаходився внизу, при цьому на периферії кожуха виконаний направляючий елемент. Патрубки оснащені ковшами, які розташовані в кільцевому проміжку поблизу вихідного торця направляючого елемента, і закриті з протилежного боку торцевою стінкою кожуха

Сутність винаходу пояснюється кресленням Рисунок 4.2.

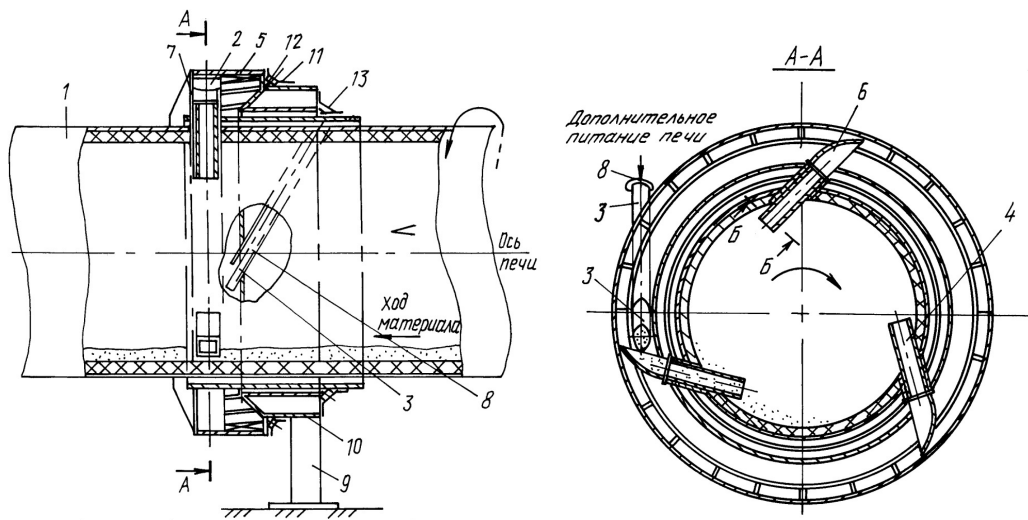
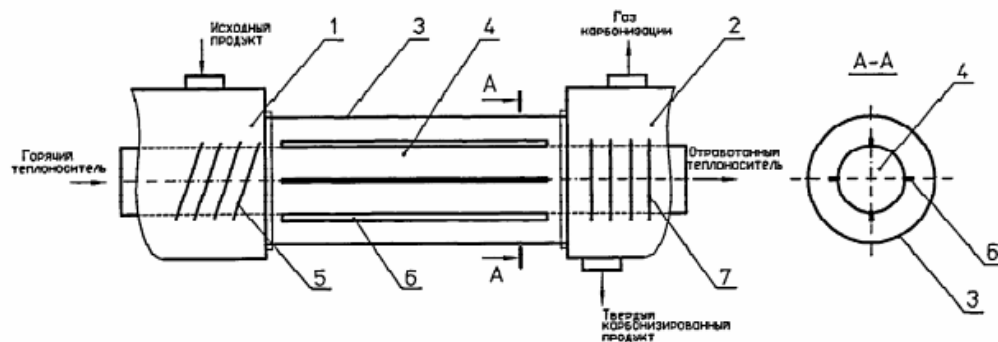


Рисунок 4.2 – Модернізована обертова піч з прокольным та поперечним перерізом.

Винаходом у патенті [17] вирішується задача створення прожарювальної обертової печі для карбонізації органічних продуктів з використанням радіаційно-кондуктивного теплообміну, що має просту і надійну конструкцію, яка дозволяє отримувати якісний твердий продукт карбонізації та гази карбонізації, придатні для глибокої хімічної переробки.

На рисунку 4.3 зображена схема пристрою, який містить бункер 1 вихідного продукту, бункер 2 готового продукту, барабан 3, випромінювач у вигляді радіаційної труби 4 з шнековою навивкою 5, поздовжнім ребренням 6 і поперечним ребрами 7.





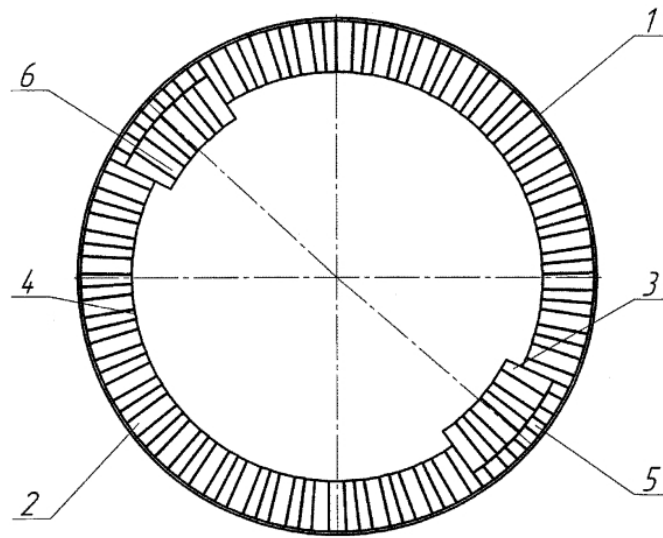
1 – бункер вихідного продукту; 2 – бункер готового продукту; 3 – барабан;  
4 – радіаційна труба; 5 – шнекова навивка; 6 – поздовжнє оребрення; 7 –  
поперечне оребрення.

Рисунок 4.3 – Схема пристрою для карбонізації малофракційних продуктів

В [21] поставлена мета досягається тим, що в конструкції футерівки обертової печі, з вогнетривкою цеглою, на внутрішній поверхні печі встановлено виступи, які виконані з стандартного формованого матеріалу з коефіцієнтом температурного розширення однаковим або вище коефіцієнта температурного розширення вогнетривкої цегли, у вигляді виступаючих з футерування елементів, при цьому нижня частина виступу вус тановлена на внутрішній поверхні печі, а верхня частина виступу, що знаходиться в футеровці і виходить за пояс футерування, закріплена методом розжарювання. Виступи виконані увігнутими, повторючи форму пояса футерівки.

Таке футерування містить встановлені на внутрішній поверхні металевому корпусу 1 вогнетривку клиновидну цеглу 2 з виступами 3. Виступи 3 розташовані діаметрально із поздовжнім зміщенням відносно один одного по довжині печі. Цегла 2, з'єднана між собою розчином по внутрішній поверхні печі і утворюють пояс футерування 4. Нижня частина 5 виступу 3 встановлена на внутрішній поверхні печі. Верхня частина виступу 6, що знаходиться в футеровці і виходить за футерування 4, закріплена методом розжарювання. Нижня частина 5 виступу встановлена в гнізді футерування 7, що має форму усіченої піраміди з прямокутною підставою, що прилягає до внутрішньої поверхні печі.

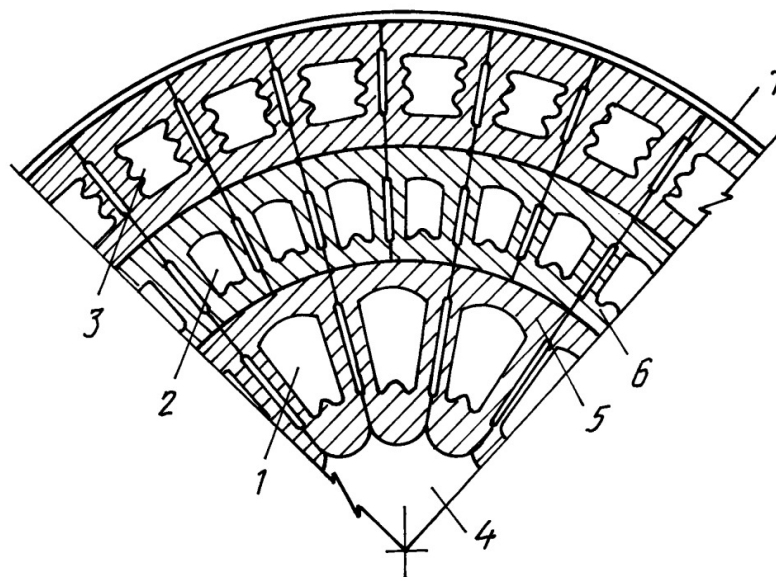
На рисунку 4.4 показаний поперечний переріз футерівки обертової печі.



1 – корпус; 2 – клиновидна цегла; 3 – виступи; 4 – пояс футерівки; 5 – нижня частина футерівки; 6 – верхня частина виступу; 7 – гніздо футерівки.

Рисунок 4.4 – Футерівка обертової печі з виступами

В [20] запропонований винахід дозволяє керувати величиною тепловіддачі стінки футеровки між жаровими каналами і при цьому знижувати механічні напруги в фасонних цеглинах футерування і, як наслідок, гнучка варіація температурними зонами печі.



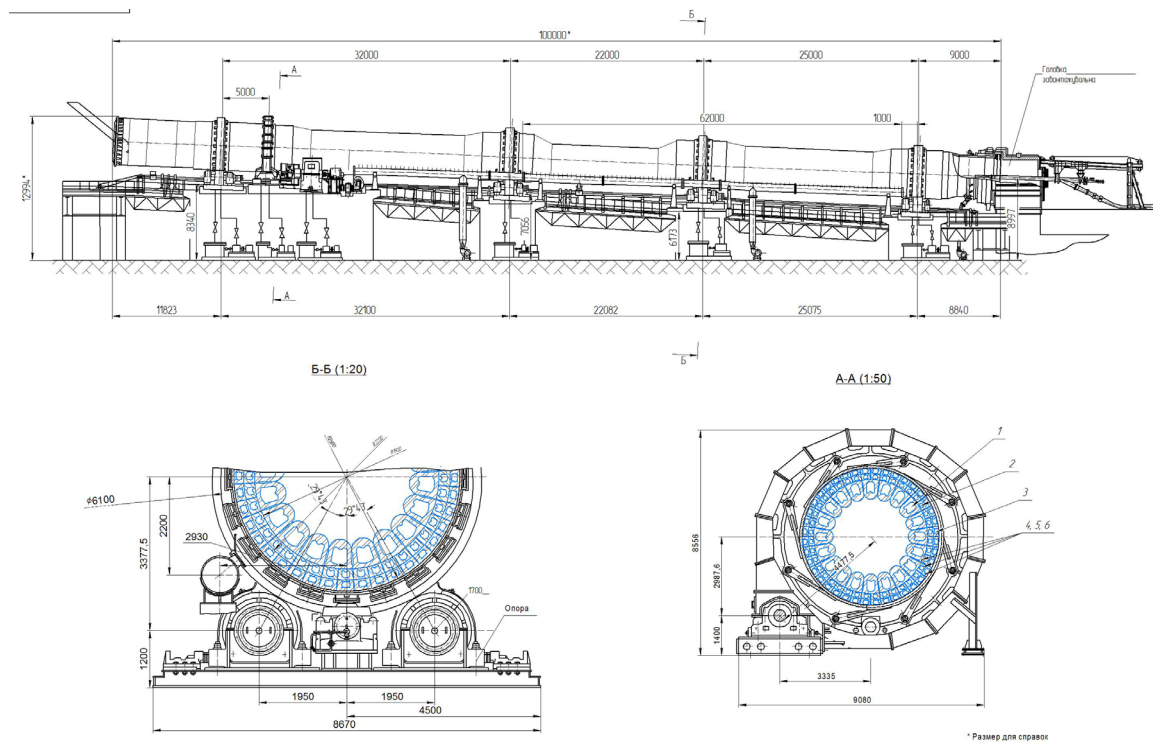
1 – перший ряд жарових каналів; 2 – другий ряд жарових каналів; 3 – третій ряд жарових каналів; 4 – робочий канал; 5, 6 – загальна стінка між каналами; 7 – барабан.

Рисунок 4.5 – Багатошарова футерівка печі

## 4.2 Обґрунтування обраної модернізації

Зважаючи на зазначений в розділі 3 недолік печі прожарювання, а саме згорання нафтового коксу при контакті останнього з повітрям яке в великій кількості протягується через порожнину печі системою видалення димових газів, найбільш доцільним технічним рішенням з модернізації печі є технічне рішення запропоноване в [20] яке й вибрано для подальшого детальнішого огляду та впровадження в дипломній роботі. В основу вибраного технічного рішення поставлена задача інтенсифікації процесів теплообміну і перемішування, а також ліквідація згорання матеріалу в печі при випалі.

У запропонованому винаході отримання заявленого технічного результату досягається за рахунок того, що футерування виконано з трьох рядів фасонної цегли з каналами, при цьому цеглини першого і другого рядів мають канали для продуктів згорання газу, а цеглу третього ряду, що примикає до барабану, має канали для повітря. Канали в цеглі мають хвилеподібну форму з виступами і поглибленнями по всій довжині, при відношенні площ внутрішніх прилеглих стінок каналів, для продуктів згорання, першого ряду до другого ряду 0,7-1,0. Футерівка печі (Рисунок 4.4) працює наступним чином. Розпечені до температури близько 1600°C продукти згорання природного газу надходять через жарові канали 1, 2 всередину футерування і віддають тепло фасонним цеглин 5, 6 футерівки. Після подолання теплової інерції цеглини футерівки починають працювати в режимі регенерації теплового потоку. По повітряному каналу 3 проходить, нагріваючись, атмосферне повітря до пальників. У робочому каналі печі 4 утворюється теплове поле, необхідне для термообробки порошкоподібних матеріалів. Для управління розміром температурних зон робочого каналу печі 4 по жаровим каналах 1, 2 проганяється різний обсяг теплоносія і підбирається при конструюванні каналів 1, 2, 3 відповідно різна площа поверхні порожнин при теплопередачі в радіальному напрямку. На основі вищезазначеного розроблена модернізована конструкція печі прожарювання – Рисунок 4.5.



1 – перший ряд жарових каналів; 2 – другий ряд жарових каналів; 3 – третій ряд жарових каналів; 4,5,6 – ряди фасонної цегли

Рисунок 4.5 – Модернізована обертова піч з багатошаровою футерівкою.

Необхідно відмітити, що запропонована модернізація, окрім зниження відсотку згорання матеріалу, що прожарюється, дозволяє ефективно проводити рекуперацію теплоти летючих, які виділяються при прожарюванні матеріалу, а саме виділення окремої зони роботи пальника (розмежування його з зоною прожарювання матеріалу – центральною порожниною печі) дозволяє використовувати окрему систему евакуації димових газів від пальника, та окрему систему евакуації летючих. Останню можна налаштувати таким чином, щоб її продуктивності було достатньо лише на евакуацію летючих (за відсоком летючих в матеріалі який визначається при вхідному нормоконтролю та продуктивністю роботи пічки) без затягування зайвого повітря. Отримані летючі можуть в подальшому бути подані або ж на котел утилізатор, або ж камеру згорання пальників печі, яка поєднанна з жаровими каналами 2, 3.

## Висновки

1. Розглянуто технічні рішення направлені на підвищення експлуатаційних характеристик печі.
2. Визначено технічне рішення, що є найбільш раціональним з точки зору модернізації печі з метою зниження відсотку згорання матеріалу, що прожарюється.
3. Визначено конструктивні особливості вибраного технічного рішення в кількості достатній для проведення з визначенням теплових та механічних розрахунків, що підтверджують працездатність проведеної модернізації.
4. Розглянуто, схему рекуперації теплоти летючих, які виділяються при прожарюванні матеріалу.

## **5 МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБЕРТОВОЇ ПЕЧІ ДЛЯ ВИПАЛЮВАННЯ ВУГЛЕЦЕВОГО МАТЕРІАЛУ**

5.1. Технологія складання привода.

5.1.1. Ескіз привода .

5.1.2. Специфікація.

5.1.3. Схема складання.

5.2. Операційна карта складання.

5.3. Монтаж машини на фундаменті.

5.3.1. План-схема розміщення фундаментних болтів.

5.4. Карти ескізів монтажу машини

5.5. Експлуатація машини.

5.6. Схема змащення

5.7. Таблиця змащення

Інв. № дубл.	Підпис і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата																																																																						
Карта ескізів																																																																										
Номер операції					План розміщення фундаментних болтів																																																																					
<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Розроб.</td> <td>Романець Р. І.</td> <td></td> <td></td> <td>Архув</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Перевірів</td> <td>Борщук С. О.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Архув</td> </tr> <tr> <td>Зм.</td> <td>Арк.</td> <td>№ документа</td> <td>Підпис</td> <td>Дата</td> <td>Зм.</td> <td>Арк.</td> <td>№ документа</td> <td>Підпис</td> <td>Дата</td> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>																									Розроб.	Романець Р. І.			Архув											Перевірів	Борщук С. О.																		Архув	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Н.контр.				
										Розроб.	Романець Р. І.			Архув																																																												
										Перевірів	Борщук С. О.																																																															
														Архув																																																												
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Н.контр.																																																																

Інв. № дубл.	Підпис і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата										
		Карта ескізів												
		Номер операції												

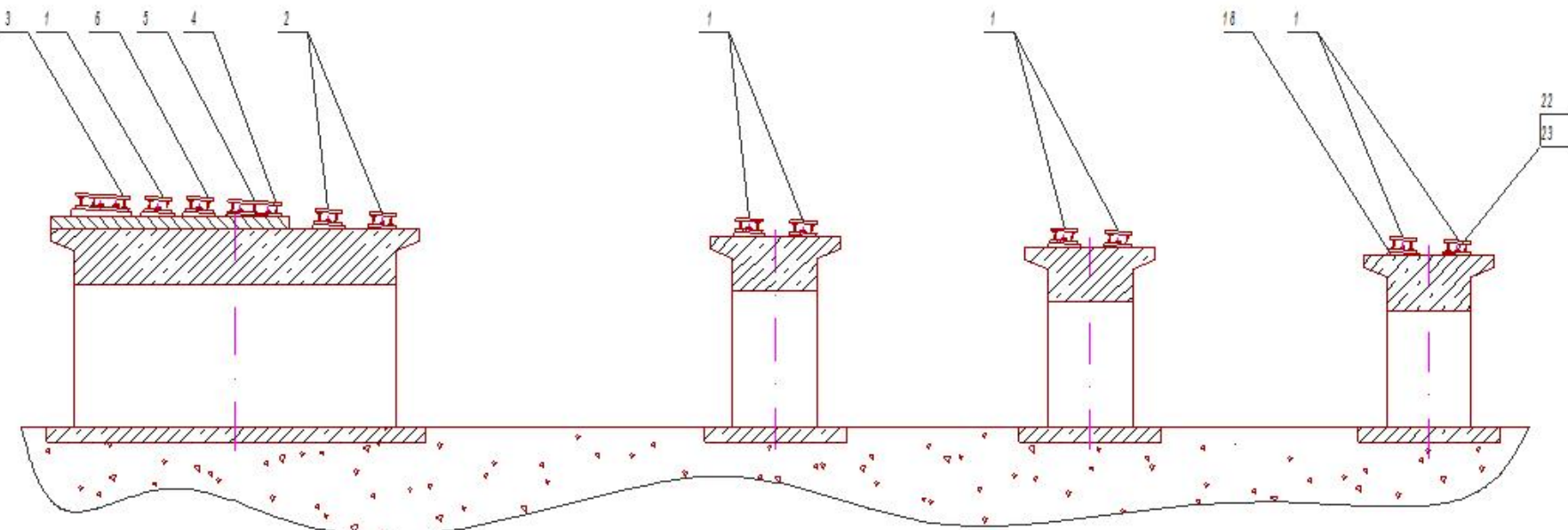
1

Technical drawing showing a cross-section of a bridge structure with four piers. Dimensions are provided in millimeters (mm).

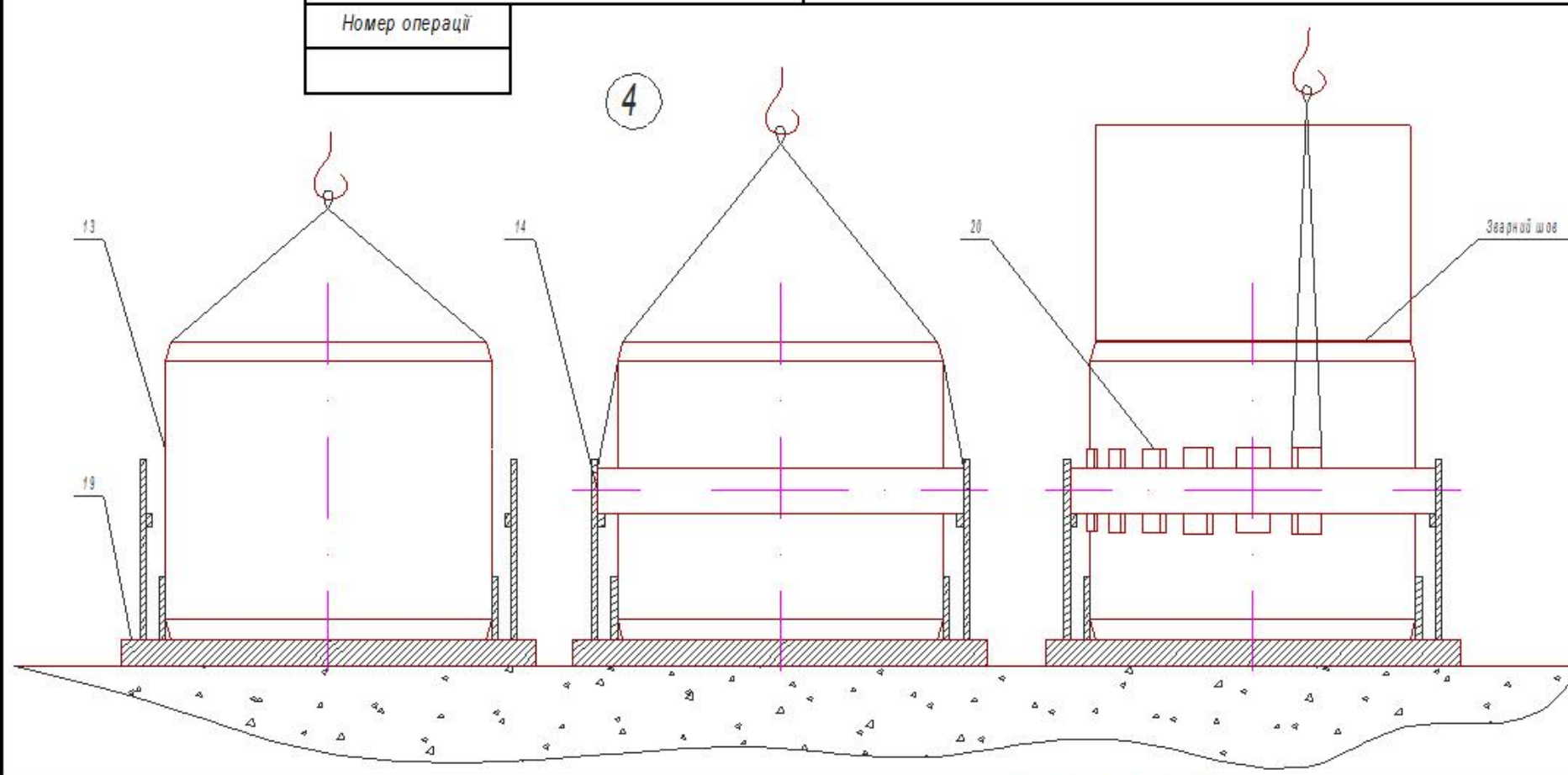
- Pier 1 (leftmost): Width 11400 mm, Height 65700 mm.
- Pier 2: Height 4910 mm.
- Pier 3: Height 3680 mm.
- Pier 4 (rightmost): Height 3150 mm.
- Horizontal spacing between piers: 32100 mm (between Pier 1 and Pier 2), 22082 mm (between Pier 2 and Pier 3), 25075 mm (between Pier 3 and Pier 4).
- A slope of 21° is indicated on the right side of the structure.

												Розроб.	Романець Р. І.				Архив
												Перевірив	Борщук С. О.				
																	Архив
	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Н.контр.						

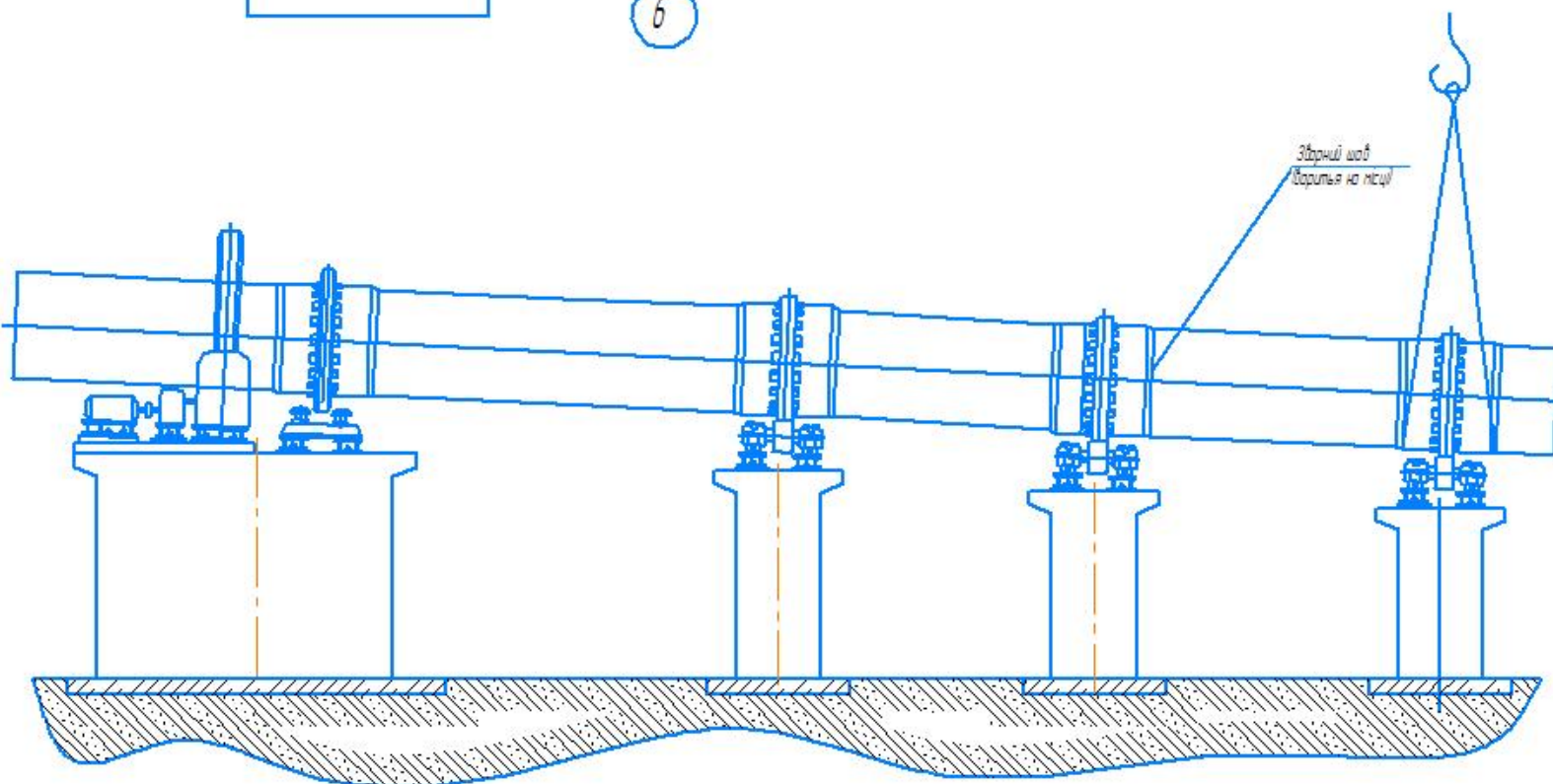


Інв. № дубл.	Підпис і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата																																																																																					
		Карта ескізів																																																																																							
		Номер операції	<div style="text-align: center; font-size: 2em; border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; margin: 0 auto;">2</div> 																																																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="10"></td> <td>Розроб.</td> <td>Романець Р. І.</td> <td colspan="2"></td> <td>Архив</td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td>Перевірив</td> <td>Борщук С. О.</td> <td colspan="2"></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="10"></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> <td>Архив</td> </tr> <tr> <td>Зм.</td> <td>Арк.</td> <td>№ документа</td> <td>Підпис</td> <td>Дата</td> <td>Зм.</td> <td>Арк.</td> <td>№ документа</td> <td>Підпис</td> <td>Дата</td> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>																									Розроб.	Романець Р. І.			Архив											Перевірив	Борщук С. О.																																	Архив	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Н.контр.				
										Розроб.	Романець Р. І.			Архив																																																																											
										Перевірив	Борщук С. О.																																																																														
														Архив																																																																											
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Н.контр.																																																																															

[illegible]

Інв. № дубл.	Підпис і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата
Карта ескізів				
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Номер операції  <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> </div> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 0 auto;">4</div>  </div> </div>				
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">13</div> <div style="text-align: center;">14</div> <div style="text-align: center;">20</div> <div style="text-align: right;">Зварний шов</div> </div>				
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">19</div> </div>				
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">Зм.</div> <div style="text-align: center;">Арк.</div> <div style="text-align: center;">№ документа</div> <div style="text-align: center;">Підпис</div> <div style="text-align: center;">Дата</div> <div style="text-align: center;">Зм.</div> <div style="text-align: center;">Арк.</div> <div style="text-align: center;">№ документа</div> <div style="text-align: center;">Підпис</div> <div style="text-align: center;">Дата</div> <div style="text-align: center;">Н.контр.</div> <div style="text-align: center;">Розроб. Перевірів</div> <div style="text-align: center;">Романець Р. І. Борщук С. О.</div> <div style="text-align: center;">Архив</div> </div>				

[illegible]

№ д. № змін	Підпис / дата	Взам. № №	№ д. № змін	Підпис / дата									
		Карта зварів											
		Назва операції											
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 0 auto;">6</div>													
													
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <div>Розроб.</div> <div>Перевірив</div> </div> <div> <div>Романенко Р. І.</div> <div>Вірючий С. О.</div> </div> <div>Арх.</div> </div>													
Зм.	Арк.	№ змін	Підпис	Дата	Зм.	Арк.	№ змін	Підпис	Дата	Н.контр.			



Інвентар		Пілис і діли		Взам. інв.		Інв. аудит		Пілис і діли			
</											

Назва		Підпис і дата		Відом. інс.		Інс. дубль.		Підпис і дата									
				Операційна карта спасармих, складно-складальних та електромонтажних робіт													
дата	місяц	рік	НАЙМЕНУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ									Обладнання (найменування, моделі)					
			Збирання обертавчої печі														
Номер операції	Зміст переходу									Технологічні режими		К-сть	Пристосування		Інструмент		Го- хв
	Прибавити бандаж електродугаю зваркою.												Апарат електроварибельний				1920
5	Гнучкою стропою стропити обод з бандажем, підняти.												Кран підйомні				
	Встановити його на упорну станцію та зафіксувати тросом.												В - 22т.				420
6	Гнучкою стропою стропити обод пружинний і зафіксувати його висячному положенні біля встановленої опори з бандажем.												трос а - 20				
	Встановити своєрність і прибавити обод. З допомогою другого крану повторити операція з іншого боку обою не зникаючи набантаження з першого крану.												Апарат електроварибельний				1440
7	Монтувати запінні бузели і агрегати відповідно до креслення.																9600
8	Після закінчення монтажу обладнання виконуються наступні роботи: додатково підтягується все кріплення машини; машину заправляють маслом згідно карти змащення; допоміжним приводом прокручують машину, перевіряють при цьому вірність збирання кінетичних пар машини і вірність напрямку обертання; встановлюють усі агредування.																
9	Пробний пуск машини. При пробному пуску в колесту проводять																
												Розроб.	Решета Р. І.				Фр.
												Перевір.	Варди С. В.				Фрідман
Вис.	Форм.	Документ	Підпис	Дата	Вис.	Форм.	Документ	Підпис	Дата	Вис.	Форм.						

Назва		Підпис і дата		Взам. №		№ дубл.		Підпис і дата					

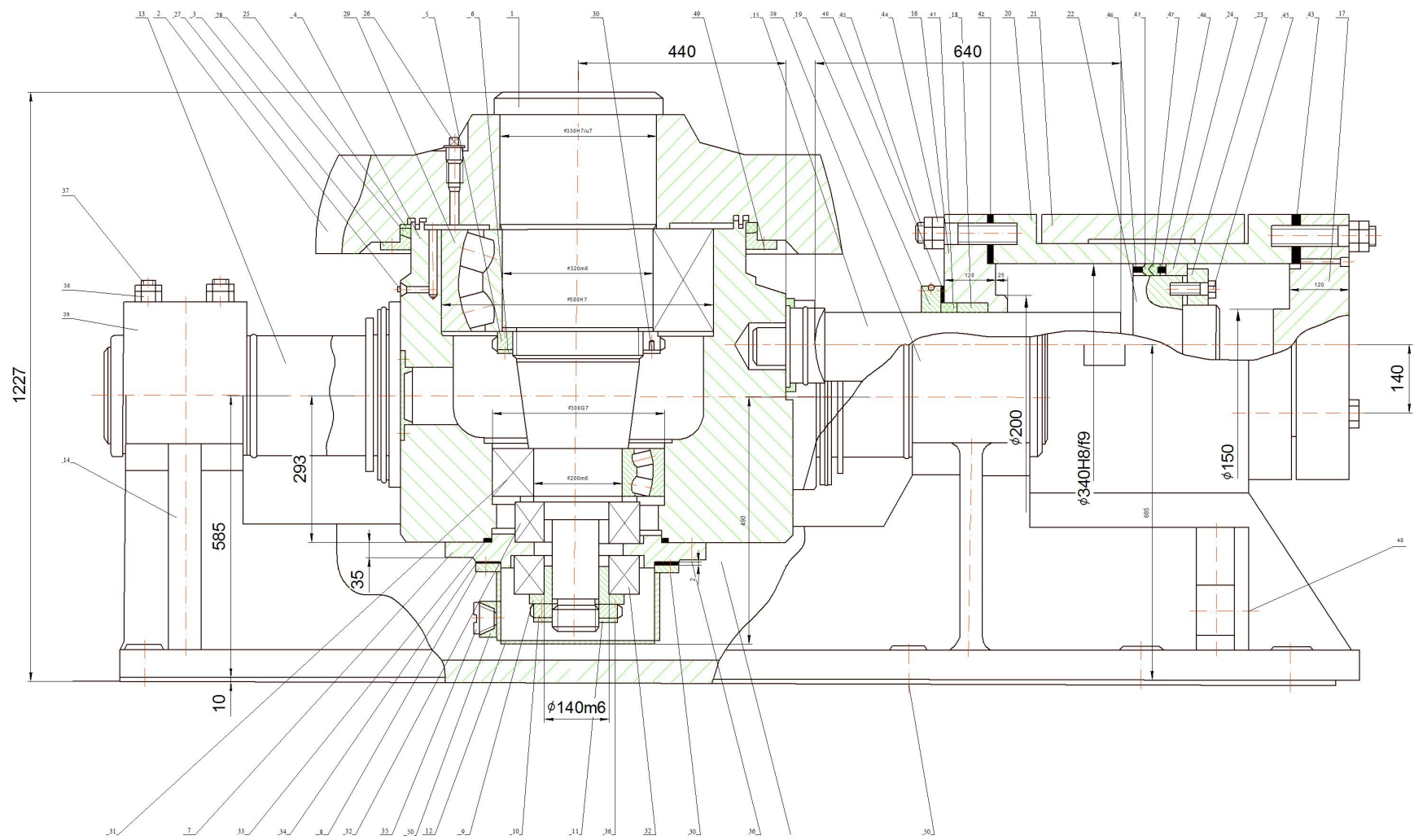


Ід. № вука	Підпис / дата	Взам. Ід. №	Ід. № вука	Підпис / дата										
Карта зоквіт														
Намер операції					Схема з'ясування									
<p>* В позиції 7 сторін ролки укладно не показані.</p> <p>** В позиції 3, 4, 6 вузли допоміжного приводу укладно не показані.</p>														
										Розроб.	Романець Р. І.			Арх.
										Перевірив	Бірюшні С. О.			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Н.контр.				Арх.

Таблиця змащення

№ п/п	Змащуванні місця	Кількість точок зм-ння	Змазка	Метод зм-ння	Періодичність змащення
1	Опорний ролик	2	АК-15	Циркуляційна система змащення	Під час роботи
2	Приводна шестерня	1	ЦИАТИМ 221 ГОСТ 9633-80	Набивка	2 рази/місяць
3	Двигун СМД 15-49-6	1	УС-2	Набивка	2 рази/місяць
4	Редуктор Ц2Ш-1250	1	УС-2	Циркуляційна система змащення	Під час роботи
5	Опорний підшипник	1	АК-15	Циркуляційна система змащення	Під час роботи
6	Підшипники установки приводної шестерні	4	ЦИАТИМ 221 ГОСТ 9633-80	Набивка	1 раз/8 днів

7	Опорний ролик	2	АК-15	Циркуляційна система змащення	Під час роботи
8	Двигун АОЛ2-62-6	1	УС-2	Набивка	2 рази/місяць
9	Редуктор ЦР-150	1	АК-15	Циркуляційна система змащення	Під час роботи
10	Підшипники установки приводної шестерні	4	ЦИАТИМ 221 ГОСТ 9633-80	Набивка	1 раз/8 днів
11	Опорний ролик	2	АК-15	Циркуляційна система змащення	Під час роботи



				ЛП82мн.103262.002-70 СК		
Дир.	М.В.Волын	Підпис	Дата	Гідроупор		
Конструктор	Романчук Р.П.			Лист	Листів	
Версія	Воронин С.О.			НТУУ "КПІ" ІХФ		
Г. конст.	Лелюха С.В.			Ім. Ігоря Сікорського		
Коректор						
В. конст.						
Зам.						

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
			ЛП82мп.103282.002-70 СК	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
		1	ЛП82мп.103282.002.001	Вал	1	
		2	ЛП82мп.103282.002.002	Колесо зубчасте $\phi 330$	1	
		3	ЛП82мп.103282.002.003	Втулка сталеві $\phi 680$	1	
		4	ЛП82мп.103282.002.004	Корпус	1	
		5	ЛП82мп.103282.002.005	Ролик	1	
		6	ЛП82мп.103282.002.006	Кільце $\phi 280$	1	
		7	ЛП82мп.103282.002.007	Втулка	1	
		8	ЛП82мп.103282.002.008	Кільце $\phi 320$	1	
		9	ЛП82мп.103282.002.009	Втулка $\phi 100$	1	
		10	ЛП82мп.103282.002.010	Колесо зубчасте $\phi 100$	1	
		11	ЛП82мп.103282.002.011	Кільце $\phi 100$	1	
		12	ЛП82мп.103282.002.012	Кришка $\phi 345$	2	
		13	ЛП82мп.103282.002.013	Вал	1	
		14	ЛП82мп.103282.002.014	Стойка гідроупора	1	
		15	ЛП82мп.103282.002.015	Шток гідроупора	1	
		16	ЛП82мп.103282.002.016	Кришка з отвором $\phi 360$	2	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП82мп.103282.002-70 СП	
Розроб.		Романець Р.			Гідроупор	
Перевір.		Борщик С.О.				
Н. контр.						
Затв.						
					Літера	Аркуш
						1
					Аркушів	4
					НТУУ "КПІ", ІХФ	
					ім. Ігоря Сікорського	

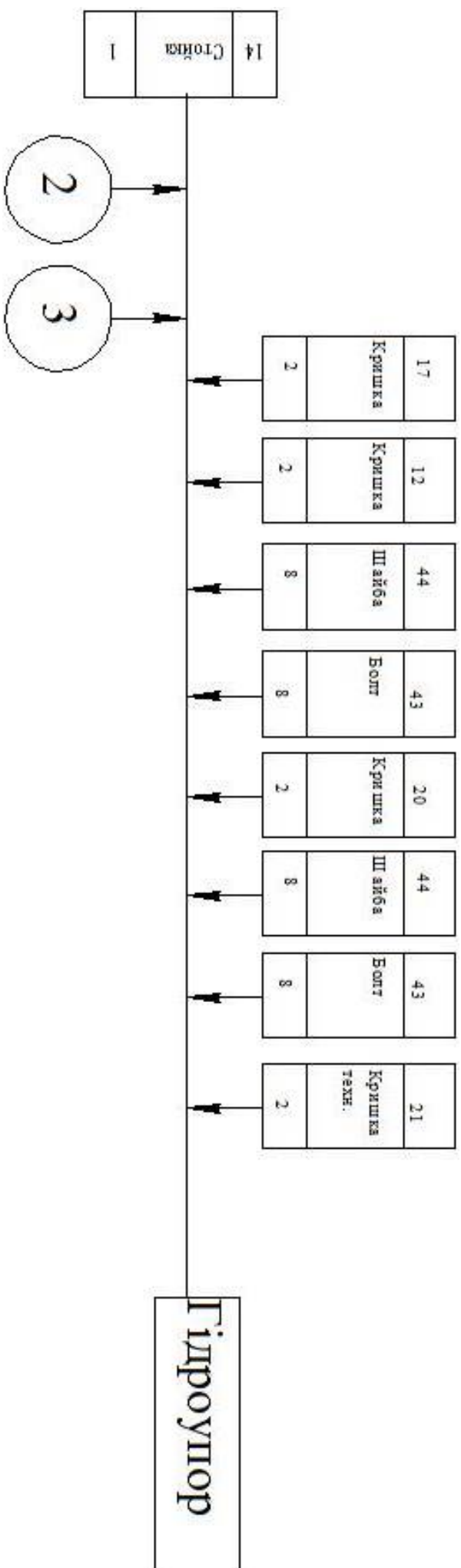


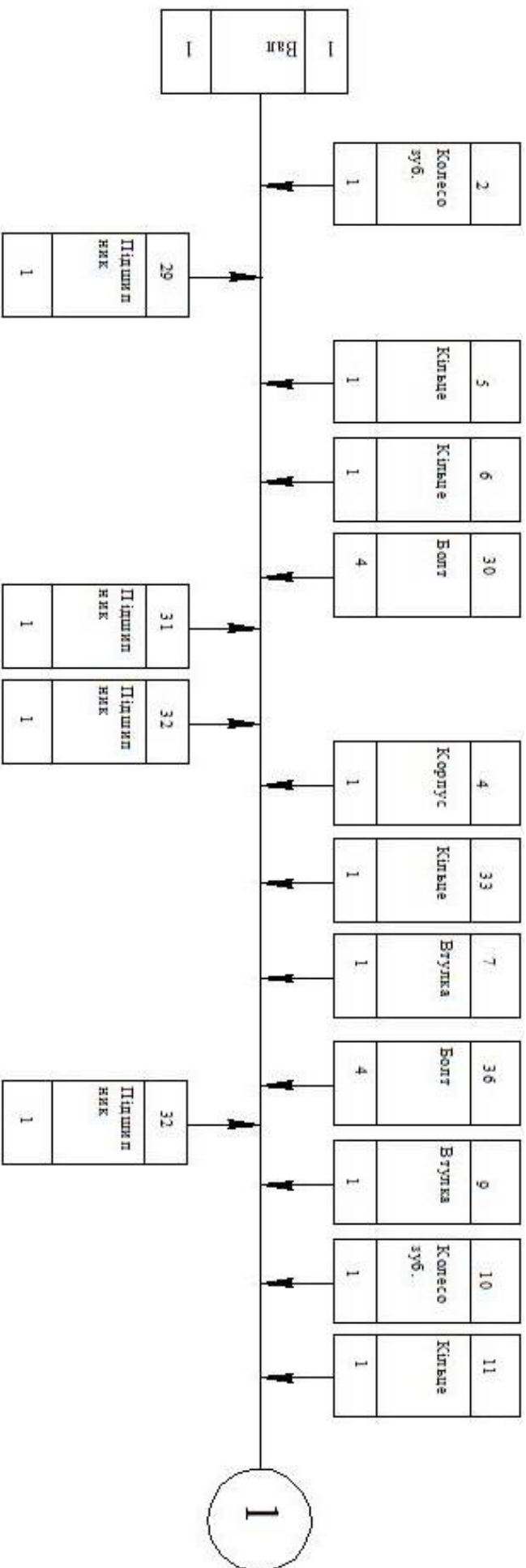
Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
		17	ЛП82мп.103282.002.017	Кришка глуха $\phi 360$	2	
		18	ЛП82мп.103282.002.018	Вкладиш сталевий	2	
		19	ЛП82мп.103282.002.019	Кільце сталеве $\phi 500$	2	
		20	ЛП82мп.103282.002.020	Кришка корпусу	2	
		21	ЛП82мп.103282.002.021	Кришка технологічна	2	
		22	ЛП82мп.103282.002.022	Кільце гідроупора $\phi 340$	2	
		23	ЛП82мп.103282.002.023	Кільце $\phi 300$	2	
		24	ЛП82мп.103282.002.024	Кільце $\phi 280$	2	
		25	ЛП82мп.103282.002.025	Вкладиш сталевий	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		26	ЛП82мп.103282.002.026	Гвинт M16x1,5	2	
				ГОСТ 17475-72		
		27	ЛП82мп.103282.002.026	Пробка КГ 1/8	1	
				ГОСТ 12721-67		
		28	ЛП82мп.103282.002.027	Кільце сальникове спец.	1	
				ГОСТ 6418-67		
		29	ЛП82мп.103282.002.028	Підшипник спец.	1	
				ГОСТ 5721-75		
		30	ЛП82мп.103282.002.029	Болт M12x70	8	
				ГОСТ 7798-70		
		31	ЛП82мп.103282.002.030	Підшипник спец.	1	
				ГОСТ 5721-75		
					ЛП82мп.103282.002-70 СП	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
						Арк. 2

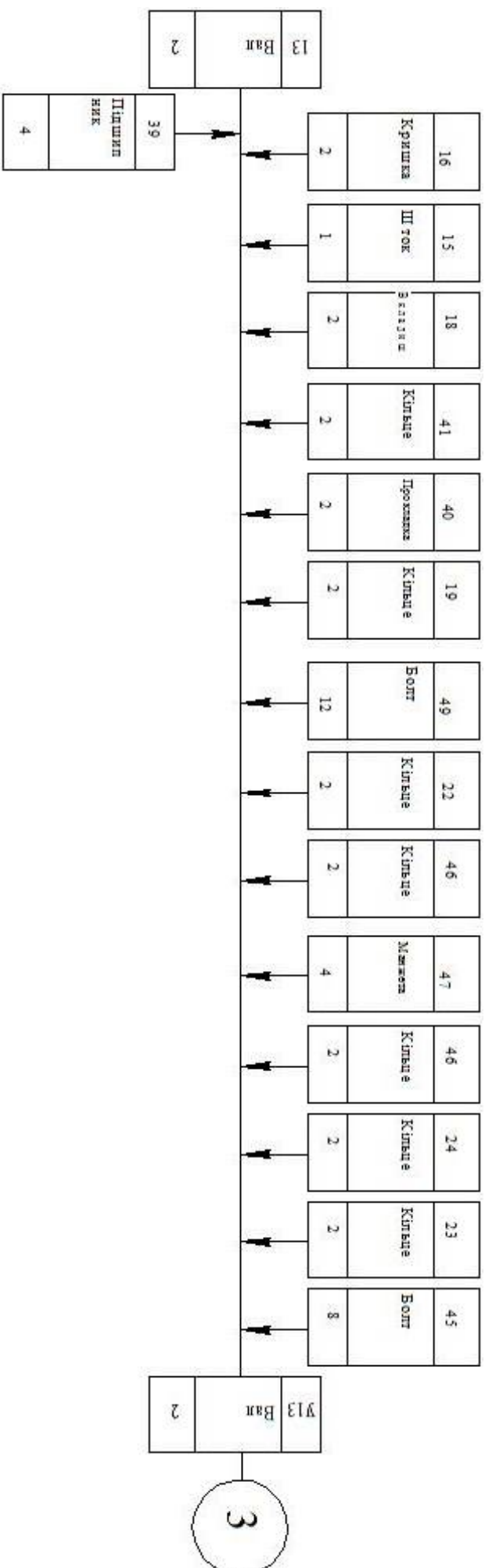
[illegible]

[illegible]









Інд. № дубл.		Підпис і дата		Взам. інв. №		Інв. № дубл.		Підпис і дата							
НТУУ “КПІ”				Операційна карта слюсарних, слюсарно-складальних та електромонтажних робіт											
№ цеха	№ участ	№ опер	Найменування операції								Обладнання (найменування, модель)				
			Збирання гідроупора												
Номер переходу	Зміст переходу									Технологічний режим	Кіл.	Пристосування (код та найменування)	Інструмент (код та найменування)	Т 0	
1	Встановити на корпус 4 підшипник 29									корпус 4	1				
										підш. 29	1	прес250кН	молоток		
2	На на корпус 4 та підшипник 16 встановити ролик 5									корпус 4	1				
										підш. 16	1				
										ролик 5	1				
3	Між корпусом 4 та роликом 5 встановлюється підшипник 31									корпус 4	1	прес250кН			
										ролик 5	1				
										підш. 31	1				
											Розроб.	Романець Р. І.			1
											Перевір.	Борщик С.О.			
			Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Н.контр.		

Інд. №	Підпис і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата											
				Номер операції											
Номер переходу	Зміст переходу									Технологічний режим	Кіл.	Пристосування (код та найменування)	Інструмент (код та найменування)	T <sub>0</sub>	
4	В корпус 4 встановлюється система змазки ролика для цього встановлює									Труба50	1		Ключ М18		
	трубу-50 муфту-32 ставимо кришку-12 та фіксуємо гайкою-36,									муфта 32	1				
	закриваємо пробку-35									кришка 12	1				
										гайка 36	1				
										пробка 35	1				
											1				
5	На ролик 5 встановлюється прокладку 42 ставимо кришка 12 ,									ролик 5	1		Ключ М12		
	фіксується болтами 30									кришка 12	1				
										болт 30	8				
6	На вал 13 встановити манжет 47, кільце нажимне 46, кільце гідроупора 22									вал 13	1		Ключ М18		
	та зафіксувати болтами 45.									манжет 47	1				
														2	
	Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Н.контр.				

## 6 РОЗРАХУНКИ, ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ОБЕРТОВОЇ ПЕЧІ

### 6.1 Параметричні розрахунки

Вихідні дані: піч, діаметр  $D=5$  м, довжина  $L=100$  м, частота обертання  $n=1.53$  об/хв, нахил печі  $i=4$  град, кількість опор - 4.

#### 6.1.1 Продуктивність печі.

Виходячи з теплової потужності по формулі

$$\Pi = \frac{3,6 \times N_T}{q_n} = \frac{3,6 \times 75245}{3600} = 75 \text{ т/год}; \quad (6.1)$$

де  $N_T$  — теплова потужність печі, по формулі

$$N_T = k_N \times D_{cv}^2 \times L \times k_{\Pi} = 45 \times 4,4^2 \times 100 \times 0,97 = 75245 \text{ КВт};$$

$k=45$  ;  $D_{cv}$  — діаметр печі у світлі,

$$D_{cv} = D - 2 \times \delta = 5 - 2 \times 0,3 = 4,4 \text{ м};$$

$\delta$  — товщина футеровки в зоні спікання,  $\delta=100$  мм;  $k_{\Pi}$ —поправочний коефіцієнт,  $k_{\Pi}=0,97$ ;  $q_{\Pi}$  — питома витрата тепла на випал перліту,  $q_{\Pi}=3600$  кдж/кг.

Теплова напруга в зоні спікання перевіряємо, використовуючи вираження

$$\sigma_T = \frac{4 \times N_T}{\pi \times D_{cv}^2} = \frac{4 \times 75245}{3,1415 \times 4,4^2} = 5665 \text{ КВт/м}^2. \quad (6.2)$$

Отриманий результат не перевищує припустимих значень (до 6000 кВт/м<sup>2</sup> для сухого способу виробництва).

Продуктивність печі як транспортуючого агрегату розраховуємо по формулі:

$$\Pi = \frac{\pi \times D_{cv}^2}{4} \times \varphi \times \rho_{cp} \times g_{cp} = \frac{3,1415 \times 4,4^2}{4} \times 0,08 \times 0,6 \times 10^3 \times 36,5 = 76,4 \text{ т/год}; \quad (6.3)$$

Тут середня швидкість руху матеріалу в печі

$$g_{cp} = \pi \times D_{cv} \times i \times n = 3,1415 \times 4,4^2 \times 0,04 \times 1,53 = 37,7 \text{ м/год}; \quad (6.4)$$

середня щільність матеріалу  $\rho_{cp}=0,6 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>;

середній коефіцієнт заповнення перетину печі  $\varphi=0,08$ .

### 5.1.2 Потужність привода обертання печі.

Для визначення потужності розраховуємо моменти сил опору обертанню печі. Момент, викликаний нецентрово розташованим у печі матеріалом

$$M_1 = G_m \times a = 5,4 \times 10^3 \times 1,1 = 5,94 \times 10^4 \text{ Н} \times \text{м}; \quad (6.5)$$

де  $G_m$  — вага матеріалу в печі,

$$G_m = F_m \times \rho_{cp} \times g \times L = 0,2 \times 0,6 \times 10^3 \times 9,81 \times 8 = 5,4 \times 10^3 \text{ Н}; \quad (6.6)$$

Площа матеріалу в печі

$$F_m = \frac{\pi \times D_{cp}^2}{4} \times \varphi = \frac{3,1415 \times 4,3^2}{4} \times 0,08 = 2,16 \text{ м}^2; \quad (6.7)$$

де  $a$  - відстань від вертикальної осі перетину печі до центра ваги перетину матеріалу, по формулі

$$a = R_0 \times \sin(\psi) = 0,5 \times \sin(27^\circ) = 0,27 \text{ м}; \quad (6.8)$$

$\psi$ -кут укосу матеріалу в печі,  $\psi=27^\circ$ .

Відстань від центра ваги перетину матеріалу до осі обертання  $R_0$  можна знайти за допомогою рис. 1.

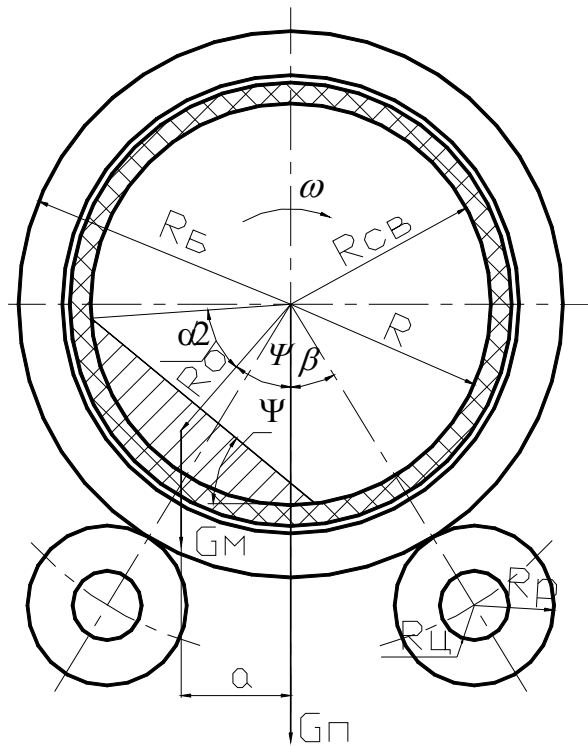


Рис. 1.1 Схема до визначення витрат потужності.

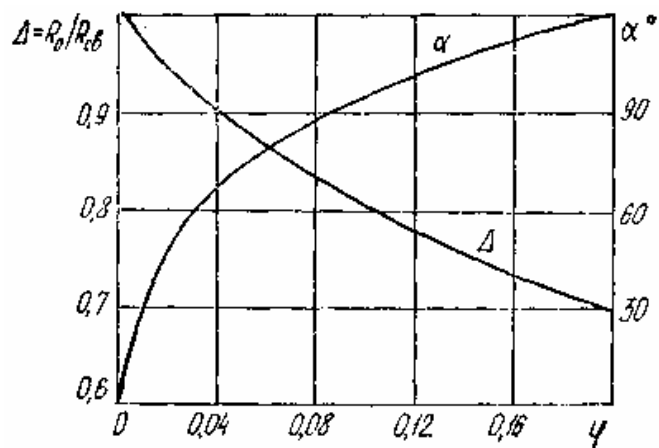


Рис. 1.2 Графік залежності  $\Delta$  від  $\varphi$ .

Відповідно до графіка рис. 2. при  $\varphi = 0,08$ ,

$$\Delta = \frac{R_0}{R_{cв}} = 0,84 ; \quad (6.9)$$

Оскільки

$$R_{cв} = \frac{D_{cв}}{2} = 1,3 \text{ м};$$

$$R_{cв} = \frac{D_{cв}}{2} = 1,3 \text{ м}; \quad (6.10)$$

де



$$R_0 = R_{ce} \times \Delta = 1,3 \times 0,84 = 1,09 \text{ м}; \quad (6.11)$$

Момент сил тертя катання бандажа по роликах

$$M_2 = \frac{G_{ia} \times \mu}{\cos(\beta) \times R_p} \times (R_p + R_a) = \frac{16,5 \times 10^3 \times 0,0005}{\cos(32,5^\circ) \times 0,4} \times (0,4 + 1,34) = 2,04 \times 10^4 \text{ Н} \times \text{м}; \quad (6.12)$$

де  $G_{об}$  — загальна вага печі,

$\beta$  — кут установки роликів щодо вертикальної осі  $\beta=32,5^\circ$ ;

$\mu$  - коефіцієнт тертя катання бандажів по роликах,  $\mu=0,0005$  м;

Момент сил тертя в підшипниках роlikоопор, наведений до осі обертання печі, визначаємо по формулі:

$$M_3 = \frac{G_{ia} + z \times G}{\cos(\beta)} \times f \times \frac{R_o}{R_p} \times R_a = \frac{16,5 \times 10^3 + 2 \times 1,4 \times 10^5}{\cos(32,5^\circ)} \times 0,008 \times \frac{0,13}{0,4} \times 1,34 = 3 \times 10^5 \text{ Н} \times \text{м}; \quad (6.13)$$

Тут  $z_p$ —число опорних роликів,  $z_p=2$  ;  $G_p$ -вага одного ролика разом з віссю,  $G_p=1,4 \times 10^5$  Н;  $f$ -коефіцієнт тертя в конічних роlikопідшипниках опор,  $f=0,008$ .

Необхідну потужність електродвигуна знаходимо по формулі:

$$N = \frac{(M_1 + M_2 + M_3) \times \omega}{1000 \times \eta_{гл}} = \frac{(5,94 \times 10^6 + 2,04 \times 10^3 + 3 \times 10^5) \times 0,165}{1000 \times 0,95} = 382 \text{ кВт}; \quad (6.14)$$

де  $\eta_{гл}$  — к. п. буд. привода,  $\eta_{гл}=0,95$ ;  $\omega$  - кутова швидкість печі, при максимальній частоті обертання  $n=1,58$  об/хв,

$$\omega = \frac{\pi \times n}{30} = \frac{3,1415 \times 1,58}{30} = 0,165 \text{ рад}; \quad (6.15)$$

Приймаємо електродвигун АТ2-61-8 потужністю  $N=400$  кВт і частотою обертання  $n_{дв}=750$  об/хв.

## 5.2 Розрахунки на міцність

### 5.2.1 Розрахунок опорно-ходової частини

Контактні напруги в парі бандаж-ролик визначаються залежністю:

$$\sigma_k = 0,418 \times \sqrt{\frac{P \times E}{b} \times \frac{(R_d + R_p)}{R_d \times R_p}} = 0,418 \times \sqrt{\frac{2194 \times 10^3 \times 2 \times 10^{11}}{0,15} \times \frac{(2,5 + 0,4)}{2,5 \times 0,4}} = 644 \text{ МПа}; \quad (5.16)$$

де  $P$  - максимальне навантаження на опорний ролик при максимальному навантаженні на опору,

$$P = \frac{Q_{\max}}{2 \times \cos(\beta)} = \frac{3700}{2 \times \cos(32,5^\circ)} = 2194 \text{ кН}; \quad (6.17)$$

$Q_{\max}$  — максимальне навантаження на опору,  $Q_{\max}=3700$  кН;

$E$  — модуль пружності матеріалу бандажа й ролика,  $E=2 \cdot 10^{11}$  Па;

$b$  - ширина бандажа,  $b=0,150$  м.

Контактні напруги, що допускають

$$[\sigma_k]' = 4,9 \times \text{HB} \times (1 - 0,001 \times \text{HB}) = 4,9 \times 160 \times (1 - 0,001 \times 160) = 660 \text{ МПа} > \sigma_k = 471,3 \text{ МПа}. \quad (6.18)$$

Тут НВ-твердість робочих поверхонь бандажа й ролика по Бринелю, НВ=160.

### 5.2.2 Розрахунок вісі опорного ролика

Визначимо напругу в перетинах I, II по формулі й запаси міцності в цих перетинах (схему навантаження див. рис. 3.1).

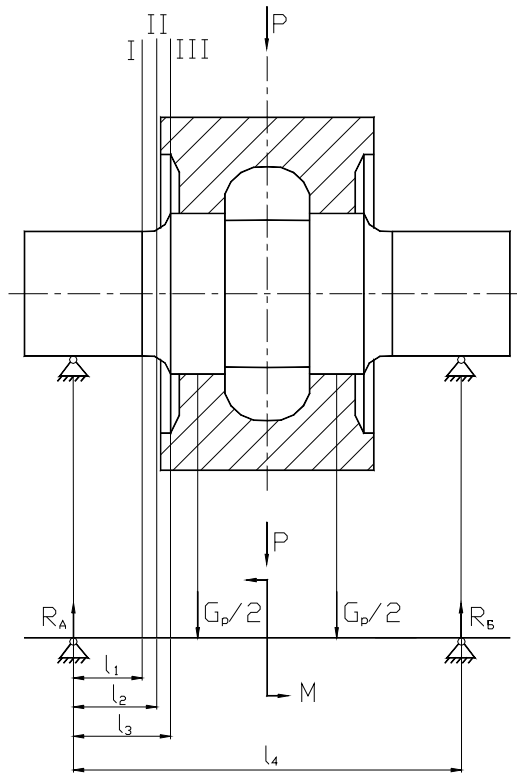


Рис. 3.1 Схема навантаження осі опорного ролика.

$$A = P \times f_c = 1500 \times 10^3 \times 0,2 = 300 \times 10^3 \text{ Н}; \quad (6.19)$$

де  $f_c$  — коефіцієнт тертя сталі по сталі,  $f_c = 0,2$ .

Згинальний момент від осьової сили

$$M = A \times R_p = 492 \times 10^3 \times 0,6 = 295,2 \times 10^3 \text{ Н} \times \text{м}; \quad (6.20)$$

Максимальну реакцію опор знаходимо по формулі:

$$R_A = \frac{P}{2} + \frac{G_p}{2} + \frac{M}{l} = \frac{2194 \times 10^3}{2} + \frac{1,4 \times 10^5}{2} + \frac{120 \times 10^3}{22} = 1600 \times 10^3 \text{ Н}; \quad (6.21)$$

Тут  $l$  - відстань між опорами, приймаємо  $l = 4,6 \text{ м}$ .

Моменти опору перетинів I, II:

$$W_I = 0,1 d_I^3 = 0,1 \times 320^3 = 3,3 \times 10^7 \text{ мм}^3;$$

$$W_{II} = 0,1 d_{II}^3 = 0,1 \times 345^3 = 4,1 \times 10^7 \text{ мм}^3;$$

Тут  $d$   $d_{II}$  - діаметри осі в перетинах I, II,  $d = 320 \text{ мм}$ ,  $d_{II} = 345 \text{ мм}$ .

Нормальні напруги в перетині I визначимо по вираженню

$$\sigma = \frac{R_A \times l_I}{W_I} = \frac{1600 \times 10^3 \times 190}{3,3 \times 10^7} = 9,2 \text{ МПа};$$

Запас міцності отримуємо по формулі з урахуванням ослаблення перетину жолобником:

$$n = \frac{\sigma_{-1} \times k_d \times k_v}{\sigma \times k_\sigma} = \frac{250 \times 0,5 \times 1}{9,2 \times 2,5} = 5,4; \quad (6.22)$$

де  $\sigma_{-1}=250$  МПа (сталь 40Х);  $k_\sigma$   $k_d$   $k_v$  - ефективні коефіцієнти концентрації напруги для жолобника, впливу абсолютних розмірів поперечного переріза (масштабний фактор), впливу стану поверхневого зміцненого шару. Для визначення коефіцієнтів приймемо радіус жолобника  $r=20$  мм, тоді

$$r/d_{11}=20/320=0,0625;$$

$$d_1/d_{11}=1000/345=2,8985;$$

Знаходимо коефіцієнт концентрації напруги: при виготовленні осі зі сталі 40Х  $\sigma_B=600$  МПа,  $k_\sigma=2,5$ . Одержуємо коефіцієнт впливу абсолютних розмірів,  $k_d=0,5$ . Коефіцієнт впливу поверхневого зміцнення  $k_v=1$ .

У перетині I запас міцності більше припустимого  $[n]=1,5$ . В інших перетинах запаси міцності ще більше.

### 6.2.3 Розрахунок бандажів

Максимальний згинальний момент у перетині бандажа над опорним роликом визначимо по формулі:

$$M_{из}=a_6 \times Q_{max} \times R=0,08 \times 3700 \times 10^3 \times 0,6=0,42 \times 10^6 \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad (6.23)$$

де  $R$  - внутрішній радіус бандажа,  $R=0,6$  м.

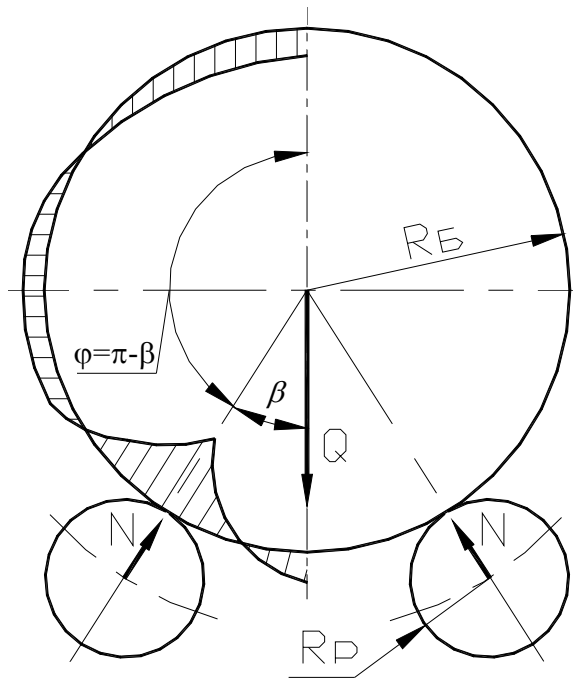


Рис.3.2 Епюра згинальних моментів для кільця, навантаженого ваговим центральним навантаженням й опорними реакціями.

Момент опору перетину бандажа

$$W_6 = \frac{b_6 \times h^2}{6} = \frac{0,38 \times 0,165^2}{6} = 0,0436 \text{ м}^3; \quad (6.24)$$

Тут  $b_6$ - ширина бандажа,  $b_6=1.2$  м;  $h$  - товщина бандажа,  
 $h=R_6- R=1,365-1,2=0,165$  м; (6.25)

Максимальні напруги вигину

$$\sigma_u = \frac{M_{уз}}{W} = \frac{0,36 \times 10^6}{0,002} = 180 \text{ МПа}; \quad (6.26)$$

Необхідні для без соромної сполуки нагрітих бандажа й підбандажної обичайки теплові кільцеві зазори визначаємо на опорі 1 (у холодній зоні) і на опорі 2 (у гарячій) по рівнянню:

$$\Delta_x = 2 \times \alpha \times (R_k \times t_k^x - R_{6.c} \times t_6^x) = 2 \times 12 \times 10^{-6} \times (1,2 \times 100 - 1,283 \times 50) = 1,4 \times 10^{-3} \text{ м}; \quad (6.27)$$

$$\Delta_F = 2 \times \alpha \times (R_k \times t_k^2 - R_{\sigma.c} \times t_6^2) = 2 \times 12 \times 10^{-6} \times (1,2 \times 350 - 1,283 \times 200) = 3,9 \times 10^{-3} \text{ м}; \quad (6.28)$$

Тут  $\alpha$  - коефіцієнт лінійного розширення для сталі,  $\alpha=12 \cdot 10^{-6}$ ;

$R_k$  - зовнішній радіус під бандажної обичайки з урахуванням товщини прокладок,  
 $R_k=R=0,7$  м;  $R_{\sigma.c}$  - середній радіус бандажа,

$$R_{\sigma.c} = \frac{R_d + R}{2} = \frac{0.75 + 0.7}{2} = 0.72 \text{ м}; \quad (6.29)$$

$t_k^x, t_6^x, t_k^r, t_6^r$  - температури корпусу й бандажа в холодній і гарячій зонах, відповідно до рекомендацій приймаємо  $t_k^x=100$  °С,  $t_6^x=50$  °С,  $t_k^r=350$  °С,  $t_6^r=200$  °С.

Знайдені значення теплового зазору забезпечують без соромна сполука бандажа й під бандажної обичайки в нагрітому стані з нульовим натягом. Якщо прийняти зазори на  $\Delta=4$  мм менше, те забезпечиться посадка бандажа на під бандажну обичайку з тепловим натягом. При цьому відповідно до формули максимально можливий питомий тиск

$$q_T = \frac{\delta}{\frac{\alpha_1 - \mu_1}{E_1} - \frac{\alpha_2 - \mu_2}{E_2}} = \frac{0,88 \times 10^{-3}}{\frac{16,5 - 0,3}{1,8 \times 10^{11}} - \frac{5,8 - 0,3}{1,8 \times 10^{11}}} = 2,25 \text{ МПа}; \quad (6.30)$$

де  $\delta$  - відносний натяг,

$$\delta = \frac{\Delta}{2 \times R} = \frac{1,4 \times 10^{-3}}{2 \times 1,1} = 0,001 \text{ м}; \quad (6.31)$$

$$\alpha_1 = \frac{1 + c_1^2}{1 - c_1^2} = \frac{1 + 0,94^2}{1 - 0,94^2} = 16,5; \quad (6.32)$$

$$\alpha_2 = \frac{1 + c_2^2}{1 - c_2^2} = \frac{1 + 0,84^2}{1 - 0,84^2} = 5,8; \quad (6.33)$$

$$c_1 = \frac{D_6}{D} = \frac{2,25}{2,4} = 0,94; \quad (6.34)$$

$$c_2 = \frac{D}{D_n} = \frac{2,4}{2,73} = 0,84; \quad (6.35)$$

$D$  - внутрішній діаметр бандажа,  $D=2 \times R=2 \times 0,7=1,4$  м;  $D_n$  - зовнішній діаметр бандажа,  $D_n=2R_6=2 \times 0,75=1,5$  м;  $D_b$  - внутрішній діаметр під бандажною обичайки,  $D_b=1,5$  м;  $E$  - модуль пружності для сталі при температурі близько  $200^\circ\text{C}$ ,  $E_1=E_3=1,8 \times 10^{11}$  Па;  $\mu$ - коефіцієнт Пуассона для матеріалу бандажа й під бандажною обичайки,  $\mu_1=\mu_2=0,3$ .

Далі визначаємо напруги в бандажі, викликувані тепловим натягом. Напруги на внутрішній поверхні бандажа одержуємо, використовуючи рівняння:

нормальне

$$\sigma_0^e = \frac{1+c_2^2}{1-c_2^2} \times q_T = \frac{1+0,84^2}{1-0,84^2} \times 2,25 = 13,04 \text{ МПа}; \quad (6.36)$$

радіальне

$$\sigma_r^e = -\sigma_T = -2,25 \text{ МПа};$$

Напруги на зовнішній поверхні бандажа знаходимо по формулі

нормальне

$$\sigma_0^H = \frac{2 \times c_2^2}{1-c_2^2} \times q_T = \frac{2 \times 0,84^2}{1-0,84^2} \times 2,25 = 10,78 \text{ МПа}; \quad (6.37)$$

радіальне

$$\sigma_r^H = 0.$$

Еквівалентні напруги на внутрішній поверхні бандажа

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{эKB}} &= \sqrt{(\sigma_0^B + \sigma_H)^2 - (\sigma_0^B)^2 - (\sigma_r^B + \sigma_H) \times (\sigma_r^B)} = \\ &= \sqrt{(13,04 + 180)^2 + (-2,25)^2 - (10,78 + 180) \times 2,25} = 140,2 \text{ МПа}; \end{aligned} \quad (6.38)$$

Напруги, що допускаються, при виконанні бандажа зі сталі 20 ГСЛ  $[\sigma]=250$  МПа (забезпечується запас міцності більше 1,5).

## 5.2.4 Розрахунок гідро упорів

Сила, необхідна для переміщення печі гідроупорами:

$$p'_{c.д.} = G_{об} \cdot i = 38,35 \cdot 10^6 \cdot 0,035 = 1,34 \cdot 10^6 \text{ Н.} \quad (6.39)$$

Умовно вважаємо, що ця сила повинна створюватися двома гідроупорами.

$$p_{c.д.} = p'_{c.д.} / z = 1,34 / 2 = 0,67 \cdot 10^6 \text{ Н} \quad (6.40)$$

Контактні напруга в парі бандаж – завзятий ролик:

$$\sigma_{\kappa} = 0,418 \cdot \sqrt{q \cdot E \cdot \frac{R''_{\sigma} + R''_p}{R''_{\sigma} \cdot R''_p}} = 0,418 \cdot \sqrt{21,68 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot \frac{14,6 + 0,58}{14,6 \cdot 0,58}} = 4,09 \cdot 10^8 \text{ Па} = 409 \text{ МПа} \quad (6.41)$$

Тут  $q$  – тиск у парі бандаж – завзятий ролик,

$$q = \frac{p_{c.д.}}{b} = \frac{0,67 \cdot 10^6}{0,19} = 2,68 \cdot 10^6 \text{ Н/м}; \quad b = 0,19 \text{ м} - \text{ширина завзятого ролика}; \quad (6.42)$$

$R''_{\sigma}, R''_p$  - радіуси поверхонь качення бандажа і ролика в площині, нормальній до лінії їхнього контакту.

Для визначення  $R''_{\sigma}$  и  $R''_p$  необхідно знати середній радіус завзятої поверхні бандажа:

$$R''_{cp} = R_{\sigma} - \frac{b}{2} = 2,08 - \frac{0,19}{2} = 2,86 \text{ м.} \quad (6.43)$$

Тоді при радіусі завзятого ролика  $R_{p.y.} = 0,6 \text{ м}$ , одержимо:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \gamma &= \frac{R_{p.y.}}{R_{\sigma}} = \frac{0,6}{2,98} = 0,2; \\ \gamma &= \operatorname{arctg} 0,2 = 11,1^{\circ}; \\ R''_{\sigma} &= \frac{R''_{cp}}{\sin \gamma} = \frac{2,86}{\sin 11,1^{\circ}} = 14,6 \text{ м}; \\ R''_p &= \frac{R''_{cp} \cdot \operatorname{tg} \gamma}{\cos \gamma} = \frac{2,86 \cdot 0,2}{\cos 11,1^{\circ}} = 0,58 \text{ м}; \end{aligned} \quad (6.44)$$



Контактні напруги, що допускаються, при твердості поверхонь бандажі і завязаного ролика НВ ( 160 складає, як було визначено раніше,  $[\sigma] = 660 \text{ МПа} > \sigma = 409 \text{ МПа}$ .

Міцність цапфи завязаного ролика при зовнішньому діаметрі  $D_B = 0,53 \text{ м}$  і внутрішньому  $d_0 = 0,15 \text{ м}$  перевіряємо в перетині, де циліндрична частина переходить у конічну. Згинальний момент у цьому перетині:

$$M_1 = P_{c.d.} \cdot (h - h_1) = 0,67 \cdot 10^6 \cdot (0,422 - 0,3295) = 0,62 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (6.45)$$

де  $h = 0,422 \text{ м}$ ;  $h_1 = 0,3295 \text{ м}$ .

Момент опору цього перетину:

$$W_1 = 0,1 \cdot \frac{D_0^4 - d_0^4}{D_0} = 0,1 \cdot \frac{(0,53^4 - 0,15^4)}{0,53} = 14,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \quad (6.46)$$

Напруга вигину:

$$\sigma = \frac{M_1}{W_1} = \frac{0,62 \cdot 10^5}{14,8 \cdot 10^{-3}} = 4,2 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 4,2 \text{ МПа} \quad (6.47)$$

Напруги, що допускаються, приблизно на порядок вище, тому запас міцності не визначаємо через малі напруги в перетині. В інших перетинах напруги будуть ще менше. Перевірку міцності напрямних завязаного ролика робимо для випадку, коли ролик знаходиться посередині направляючої. Для визначення тах згинаючого моменту, що діє в перетині  $D$ , знаходимо зусилля  $R_c$ ,  $R_d$  при наступних геометричних розмірах:

$$a = 0,8 \text{ м}; \quad d_{p.y.} = D_{p.y.} - 2 \cdot b \cdot \tan \gamma = 1,1 - 2 \cdot 0,19 \cdot 0,2 = 1,024 \text{ м}; \quad l = 1,2 \text{ м}. \quad (6.48)$$

Тоді одержимо такі зусилля:

$$\begin{aligned}
R_c &= \frac{P_{c.d.} \cdot h}{2 \cdot a} - \frac{P_\epsilon}{2 \cdot a} \cdot \left( \frac{D_{p.y.} + d_{p.y.}}{4} + \frac{a}{2} \right) = \frac{0,67 \cdot 10^6 \cdot 0,422}{2 \cdot 0,8} - \\
&- \frac{1,34 \cdot 10^6}{2 \cdot 0,8} \cdot \left( \frac{1,1 + 1,024}{4} + \frac{0,8}{2} \right) = 0,99 \cdot 10^5 \text{ Н}; \\
R_d &= \frac{P_{c.d.} \cdot h}{2 \cdot a} - \frac{P_\epsilon}{2 \cdot a} \cdot \left( \frac{D_{p.y.} + d_{p.y.}}{4} - \frac{a}{2} \right) = \frac{0,67 \cdot 10^6 \cdot 0,422}{2 \cdot 0,8} - \\
&- \frac{1,34 \cdot 10^6}{2 \cdot 0,8} \cdot \left( \frac{1,1 + 1,024}{4} - \frac{0,8}{2} \right) = 1,66 \cdot 10^5 \text{ Н}; \\
R_A &= \frac{R_c}{1,2} \cdot \left( a + \frac{l-a}{2} \right) - \frac{(l-a) \cdot R_d}{2 \cdot l} = \frac{0,99 \cdot 10^5}{1,2} \cdot \left( 0,8 + \frac{1,2-0,8}{2} \right) - \frac{(1,2-0,8) \cdot 1,66 \cdot 10^5}{2 \cdot 1,2} = 5,5 \cdot 10^4 \text{ Н}; \\
R_B &= \frac{R_d}{1,2} \cdot \left( a + \frac{l-a}{2} \right) - \frac{(l-a) \cdot R_c}{2 \cdot l} = \frac{1,66 \cdot 10^5}{1,2} \cdot \left( 0,8 + \frac{1,2-0,8}{2} \right) - \frac{(1,2-0,8) \cdot 0,99 \cdot 10^5}{2 \cdot 1,2} = 12,1 \cdot 10^4 \text{ Н}
\end{aligned} \tag{6.49}$$

Тут  $P_\epsilon$  – вертикальна складова сили, що зрушує  $P_\epsilon = P_{cd} \cdot \operatorname{tg} \gamma = 0,67 \cdot 10^6 \cdot 0,2 = 1,34 \cdot 10^5 \text{ Н}$ ., Вага завязаного ролика  $G_p = 19,6$  (103 Н значно менше зусиль  $P_{cd}$ ,  $P_\epsilon$ , тому без великої погрешності їм можна зневажити.

Максимальний згинальний момент буде діяти в перетині В:

$$M_\epsilon = R_\epsilon \cdot \frac{l-a}{2} = 12,1 \cdot 10^4 \cdot \left( \frac{1,2-0,8}{2} \right) = 2,42 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{м}. \tag{6.50}$$

Момент опору перетину направляючої з діаметром  $d_n = 0,5 \text{ м}$  дорівнює:

$$W_n = 0,1 \cdot d_n^3 = 0,1 \cdot 0,5^3 = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3. \tag{6.51}$$

Напруга вигину в цьому перетині:

$$\sigma = \frac{M_\epsilon}{W_n} = \frac{2,42 \cdot 10^4}{1,25 \cdot 10^{-3}} = 19,3 \text{ МПа} \tag{6.52}$$

При виконанні напрямних зі сталі 45 границя витривалості при вигині можна приймати  $\sigma_{-1} = 0,4 \cdot \sigma_y = 0,4 \cdot 600 = 240 \text{ МПа}$ , де межа міцності  $\sigma_y = 600 \text{ МПа}$ . Запас міцності по границі витривалості

$$n = \frac{\sigma_{-1} \cdot K_d \cdot K_v}{\sigma} = \frac{240 \cdot 0,88 \cdot 1,1}{19,3} = 12,03, \quad (5.53)$$

де  $K_d$  – коефіцієнт впливу абсолютних розмірів поперечного переріза,  $K_d = 0,88$ ,  
 $K_v = 1,1$ .

Робочий хід печі під дією гідроупорів  $l_x$  приймаємо рівним  $0,07$  м, час переміщення корпусу печі нагору  $t_p \leq 1$  ч, кількість *гідроциліндрів*

$z_1 = 6$ , робочий тиск у гідроциліндрі  $P_{жс} = 10$  Мпа. Будемо вважати, що і один гідроупор здатн переміща пек нагору, тоді  $z_2 = 2$ .

Необхідна площа кожного поршня:

$$F_y = \frac{P_{сд}}{z \cdot P_{жс}} = \frac{0,67 \cdot 10^6}{2 \cdot 10} = 3,35 \cdot 10^4 \text{ мм}, \quad (5.54)$$

а необхідний діаметр

$$D_n = \sqrt{4 \cdot \frac{F_y}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,35 \cdot 10^4}{3,14}} = 206 \text{ мм}. \quad (5.55)$$

Приймаємо  $D_{n.\varnothing} = 250$  мм, тоді необхідна продуктивність мастилостанції

$$Q = Z_1 \cdot F_{n.\varnothing} \cdot v = \frac{\pi \cdot D_{n.\varnothing} \cdot Z_1 \cdot l_x}{4 \cdot t_p} = \frac{3,14 \cdot 0,25^2 \cdot 6 \cdot 0,07}{4 \cdot 60} = 0,34 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{мин} = 0,34 \text{ л} / \text{мин} \quad (6.56)$$

## 7 РОЗРОБКА СТАРТАП – ПРОЕКТУ

### 7.1. Обґрунтування доцільності модернізації обертової печі 5x100

Останнім часом до технологій і процесів хімічної промисловості пред'являється ряд нових вимог. У першу чергу ці виробництва повинні бути ресурсо й енергозберігаючими. Впровадження принципово нових енергозберігаючих технологій, високо продуктивного устаткування з автоматичним керуванням сприяє значному поліпшенню техніко-економічних показників діяльності галузі. У цьому плані найважливішою задачею розвитку електродної промисловості є широке впровадження виробництва електродів, що базується на використанні економічних ліній з обертовими печами.

Базовий варіант обертової печі мав низьку річну продуктивність ( $Q_{\text{річн}} = 985500$  т) через великий відсоток часу простою ( $\delta = 10\%$ ) та незначну кількість браку.

При модернізації використано декілька вдосконалень. По-перше, для підвищення герметичності ущільнення встановлюємо пристрій, що містить нерухому обичайку, прикріплену до нерухомої камери, рухому обичайку з канавками, прикріплену до корпусу печі, ущільнюючі кільця на пружних лентах, зі стикованих в замок з зазором. По-друге, для зменшення згорання матеріалу при прожарюванні та зниження теплових втрат в навколишнє середовище футерівка має 3 ряди жарових каналів.

Основні технічні показники базової та проекрованої машини наведено в табл.7.1.

Таблиця 7.1.

Основні технічні показники базової та проекрованої печі

№	Показники	Одиниця виміру	Базова піч	Проектована піч
---	-----------	----------------	------------	-----------------

1	Площа, яку займає машина	м <sup>2</sup>	640	640
2	Годинна продуктивність	т/год	125	125
3	Річна продуктивність	т	985500	1051250
4	Встановлена потужність	КВт	400	400
5	Маса печі	т	1550	1554,9
6	Термін служби	років	10	10
7	Чисельність обслуговуючого персоналу	чол.	1	1

## **7.2. Обґрунтування потреби в обладнанні з урахуванням вимог споживача по кількості та періоду часу**

Даний вид обладнання може бути цікавим для сучасних заводів по виробництву електродів, тому що при однакових питомих витратах модернізована піч дозволяє збільшити продуктивність підприємства в 1,1 рази, що при великих обсягах виробництва є значним.

Оскільки в Україні існує велика кількість подібних заводів, а більшість із них працює на застарілому обладнанні, то впровадження модернізованих печей дозволить оновити обладнання, при цьому не занадто вкладаючи кошти. При цьому модернізована піч не підвищує вимоги до вільної площі та кількості обслуговуючого персоналу, що є досить важливим при виборі обладнання. Величина замовлення на виготовлення цих печей складає 1 шт. у рік.

## **7.3 Розрахунок витрат на проектні роботи**

### **7.3.1. Розрахунок трудомісткості конструкторської роботи**

По кожному з видів робіт у відповідності з новизною, складністю проектного об'єкту і використанням норм часу на розробку конструкторської документації, визначаємо загальний нормативний час конструкторської підготовки виробництва з вказівкою професії і кваліфікації виконавців. Більша частина конструкторської документації має клас А за новизною та 3 – за складністю. Результати розрахунку

трудомісткості конструкторської підготовки зводимо в таблицю 7.2.

Таблиця 7.2.

Трудомісткість конструкторської підготовки

Найменування конструкторської документації або видів робіт	Кількість облікових одиниць	Групи		Норми часу, год		Кваліфікація виконавців
		Б	С	На одиницю	Всього	
Патентний пошук	1	Б	1	18	18	І.К.-ІІ
Обертова піч (креслення загального вигляду)	1	Б	3	27	27	І.К.-І
Корпус печі (складальне креслення)	1	А	3	15	15	І.К.-ІІ
Опора обертової печі (складальне креслення)	1	А	3	15	15	І.К.-ІІ
Рама (складальне креслення)	1	А	3	15	15	І.К.-ІІ
Бандаж (складальне креслення)	1	А	3	15	15	І.К.-ІІ
Футеровка (складальне креслення)	1	А	3	24	24	І.К.-І
Привод печі (складальне креслення)	1	А	3	15	15	І.К.-ІІ
Модернізація (складальне креслення)	1	А	3	15	15	І.К.-ІІ
Креслення оснащення	1	Б	3	16	16	І.К.-ІІ
Схема автоматизації	1	А	3	63	63	І.К.-ІІ
Специфікації	10	А	1	0.6	6	С.Т.К.
Пояснювальна записка	110	Б	3	1.3	143	І.К.-ІІ

Разом загальна трудомісткість

38

Примітка: І.К.-І – інженер-конструктор 1-ої категорії,

I.K.-II –інженер-конструктор 2-ої категорії,  
I.K.-III–інженер-конструктор 3-ої категорії,  
С.Т.К.-старший технік конструктор.

### 7.3.2. Розрахунок трудомісткості технологічної підготовки виробництва

Технологічна підготовка виробництва включає:

- забезпечення технологічності конструкції виробу;
- проектування технологічних процесів;
- проектування технологічного оснащення.

Трудомісткість технологічного контролю конструкцій врахована в розрахунку витрат часу на конструкторську підготовку виробництва.

Трудомісткість технологічної підготовки виробництва з врахуванням складності виготовлюваної деталі визначаємо відповідно до [10]. Результати розрахунку зводимо в таблицю 7.3.

Таблиця 7.3.

Трудомісткість технологічної підготовки

Вид робіт	Група складності	Кількість одиниць	Норма часу, ч		Кваліфікація виконавців
			На одиницю	Усього	
Проектування тех. процесу виготовлення шліцьового з'єднання					
Маршрутна технологія	3	1	28,6	28,6	I.T.- I к
Операційна технологія	3	1	13,9	13,9	I.T.- I к.
Загальна трудомісткість проектування технологічних процесів – 42,5 годин					
Виготовлення оснастки	2	1	32,9	32,9	I.T.- I к.

Примітка: І.Т.- І К - інженер-технолог 1-ї категорії.

### 7.3.3. Розрахунок витрат на проектні роботи

Розрахунок витрат на проектні роботи включає наступні статті:

- основна заробітна плата розроблювачів;
- додаткова заробітна плата;
- відрахування на соціальні заходи;
- матеріали на проектування;
- консультації;
- накладні витрати;

Основна заробітна плата робітників визначається на підставі даних трудомісткості окремих робіт і посадових окладів. Результати розрахунку основної заробітної плати зводимо до таблиці 5.4.

Таблиця 7.4.

#### Основна заробітна плата розробників

	Посада виконавця	Трудомісткість, година	Відпрацьовано, чол/міс.	Оклад, грн.	Сума зарплати, грн.
	Інженер конструктор І категорії	51	0,45	850	382,5
	Інженер конструктор II категорії	330	1,51	800	1208
	Інженер технолог І категорії	75,4	0,32	750	240
	Старший технік конструктор	6	0,034	700	23,8



Разом: Основна зарплата, грн.	1854,3
-------------------------------	--------

Додаткову заробітну плату визначаємо у відсотках від основної заробітної плати. Величина нормативу, що діє на підприємстві становить 50%.

Відповідно сума додаткової заробітної плати складає:

$$Z_{\text{дод}} = 50 \times \frac{Z_{\text{осн}}}{100} = 50 \times \frac{1854,3}{100} = 927,15(\text{грн}) \quad (7.1)$$

Відрахування на соціальні заходи визначаються у відсотках від суми основної і додаткової заробітної плати, відповідно до діючого законодавства та методичних вказівок величина відрахування складає 39%, таким чином загальна сума відрахувань складає:

$$B_{\text{с.з}} = 39\% \times \frac{Z_{\text{дод}} + Z_{\text{осн}}}{100} = 39\% \times \frac{1854,3 + 927,15}{100} = 1084,76(\text{грн}) \quad (7.2)$$

Вартість матеріалів на проектування розраховуємо по діючим роздрібним цінам. Розрахунок вартості зводимо до таблиці 5.5.

Таблиця 7.5.

Вартість матеріалів витрачених на проектування

Матеріали	Кількість, шт.	Вартість одиниці, грн.	Загальна сума грн.,
Папір для креслення (А1)	10	1,50	15,00
Папір офісний (А4)	500	0,04	20,00
Олівці креслярські	1	5,50	5,50
Роздруківка креслень А1	10	10	100
Набір лекал	1	4,0	4,0
Гумка	2	1,50	3,0
Готовальня	1	30,0	30,0

Ручка	4	0,40	1,6
Невраховані матеріали, 10%			17,9
Разом:			197

Витрати на консультації, їх види, час консультацій та кваліфікацію консультанта зводимо в таблицю 5.6. Величину годинної оплати консультацій визначаємо відповідно [10].

№	Найменування	Час консультації, год.	Оплата, грн/год.	Сума, грн.
1	<b>СПЕЦКУРС</b>	23	30	690
2	Економічна частина	1	30	30
3	Охорона праці	1	30	30
4	Технологія машинобудування	1	30	30
5	Автоматична система управління	1	30	30
Разом: витрати на консультації		27		810

Накладні витрати визначаються у відсотках від основної заробітної плати і складають 80-120 відсотків.[10]

Приймаємо накладні витрати 80% від основної заробітної плати.

$$B_H = Z_{осн} \times \frac{80}{100} = 1854,3 \times \frac{80}{100} = 1483,44(\text{грн}) \quad (7.3)$$

Сумарні витрати на проектні роботи визначаються як сума всіх часткових витрат:

$$B_{прроб} = Z_{осн} + Z_{дод} + B_{сз} + B_{мат} + B_H = 1854,3 + 927,15 + 1084,76 + 197 + 1483,44 = 5546,65 (\text{грн}) \quad (7.4)$$

Затрати на технічну підготовку виробництва наводимо в таблиці 7.7.

## Затрати на технічну підготовку виробництва

Стаття витрат	Витрати, грн.	Питома вага, %
Основна заробітна плата	1854,3	25,56
Додаткова заробітна плата	927,15	12,77
Відрахування на соціальні заходи	1084,76	14,94
Виготовлення оснастки	900	12,40
Вартість матеріалів на проектування	197	2,72
Консультації	810	11,16
Накладні витрати	1483,44	20,45
Разом	7256,65	100%

**7.4. Розрахунок витрат на виготовлення обладнання****7.4.1. Розрахунок собівартості**

Собівартість розраховується за формулою:

$$C_n = \left( M + Z_{осн} \cdot \left( 1 + \frac{P}{100} \right) + Z_{осн} \cdot \frac{\alpha}{100} \right) \cdot \left( 1 + \frac{\eta}{100} \right) + \frac{Z_{пр.роб.}}{n} \quad (7.6)$$

де  $M$  – витрати на матеріали і напівфабрикати, грн.;

$Z_{осн}$  – основна заробітна плата виробничих робітників, грн.;

$P$  – витрати на експлуатацію й обслуговування устаткування, цехові і загальнозаводські витрати у відсотках до основної заробітної плати працівників.  $P = 230 - 320\%$ . Приймаємо  $P = 250\%$ . [10]

$\alpha$  – додаткова заробітна плата і нарахування, становить  $105-130\%$ . Приймаємо  $\alpha = 105$ ; [10]

$\eta$  – позавиробничі витрати у відсотках до загальнозаводської собівартості,  $\eta = 2,5 \div 3,5\%$ . Приймаємо  $\eta = 3\%$  [10].

$Z_{пр}$  – загальні витрати на проектні роботи;

$n$  – кількість модернізованого обладнання.

Витрати на матеріали та покупні вироби розраховуємо диференційовано за окремими найменуваннями й марками з урахуванням проведення модернізації, ціни на матеріали взято по матеріалам заводу-виробника. Результати розрахунку зводимо до таблиці 7.8.

Таблиця 7.8

Витрати матеріалів

Матеріал	Одиниця	Марка	Чистова маса, т	Коефіцієнт використання	Чорнова маса, т	Ціна за одиницю, грн.	Сума,гр н.
Сталь	т	Ст 45	1400	0,9	1450	1400	217778
Разом							217778
Транспортно-заготівельні витрати							87112
Відходи							43556
Разом враховані матеріали $M+B_{тз}-B_{від}= 2177778+87112-43556=2221334$							2221334
Інші невраховані матеріали							1777067,2
Разом матеріали							3998401,2

Дані по витратах на придбання напівфабрикатів і покупних виробів зводимо до таблиці 7.9

Таблиця 7.9.

Витрати на придбання напівфабрикатів та покупних виробів

Витрати	Одиниця	Марка	Ціна за одиницю	Кількість	Сума, грн.
Внутрішні прокладочні кільця	К-т		250	16	4000
Транспортно-заготівельні витрати					240
Всього					4240

Транспортно-заготівельні витрати на придбання напівфабрикатів складають:

$$B_{tz} = B_{nv} \cdot \frac{6}{100} = 4000 \cdot \frac{6}{100} = 240 \text{ (грн.)}$$

отже сумарні витрати на матеріали, напівфабрикати та покупні вироби складають:

$$M = M_m + M_{nv} = 3998401,2 + 4240 = 4002641,2 \text{ (грн.)}$$

Основна заробітна плата виробничих робітників розраховується по формулі:

$$Z_{осн} = T_n \cdot C_{тср}, \quad (7.7)$$

де  $T_n$  – нормативна трудомісткість виготовлення нової машини, год.;

$C_{тср}=3$  - тарифна ставка середнього розряду, грн., за даними підприємства, середній розряд – IV.

Нормативну трудомісткість виготовлення машини визначаємо укрупнено за допомогою питомої трудомісткості виготовлення одиниці маси базового устаткування за формулою:

$$T_n = G_q \cdot K = 1400000 \times 0,3 = 420000 \text{ (год.)} \quad (7.8)$$

де  $G_q$  – вага проекрованої печі, кг;

$K$  - питома нормативна трудомісткість на 1 кг чистої ваги виробу

Підставляючи числові дані до формули (2) одержуємо:

$$Z_{осн} = 420000 \cdot 3 = 1260000 \text{ (грн.)}$$

Підставляючи числові дані до формули (1) одержуємо:

$$C_n = \left( 4002641,2 + 1260000 \cdot \left( 1 + \frac{250}{100} \right) + 1260000 \cdot \frac{105}{100} \right) \cdot \left( 1 + \frac{3}{100} \right) + \frac{7256,65}{1} = 10034967,04 \text{ (грн.)}$$

### 7.4.2. Розрахунок ціни

Розрахункову ціну нового обладнання знаходять, виходячи з її собівартості  $C_H$ , нормативного валового прибутку  $\Pi_H$  та податку на додану вартість  $H$ :

$$Ц_H = C_H + \Pi_H + H \quad (7.9)$$

Нормативний валовий прибуток:

$$\Pi_H = C_H \frac{\eta}{100} = 10034967.04 \frac{30}{100} = 3010489.21 (\text{грн})$$

де  $\eta$ -норматив рентабельності по собівартості, приймаємо 30%.

Податок на додану вартість:

$$H = (C_H + \Pi_H) \frac{\gamma}{100} = (10034967.04 + 3010489.21) \frac{20}{100} = 2609091.25 (\text{грн})$$

де  $\gamma=20\%$ -ставка податку на додану вартість.

$$Ц_H = 10034967.04 + 3010489.21 + 2608646.84 = 15654103.09 (\text{грн})$$

$$Ц_Б = 11931000.00 (\text{грн}) \text{ – ціна базової моделі за даними підприємства.}$$

## 7.5. Розрахунок техніко-економічних показників до і після модернізації

### 7.5.1. Розрахунок повних капітальних витрат

Капітальні витрати на базову та модернізовану машину розраховуються за формулою:

$$K_B = Ц_B + Ц_{СМБ} + K_{ДМБ} + K_{БУДБ} + K_{СБ}$$

$$K_H = Ц_H + Ц_{СМН} + K_{ДМН} + K_{БУДН} + K_{СН} \quad (7.10)$$

де  $Ц_H$  - вартість придбання зразка обладнання, що розглядається;

$Ц_{СМ}$  - вартість суміжного оснащення, що працює в комплексі зі зразком, визначається за даними підприємства КЦМ,  $Ц_{СМ} = 410000.00 (\text{грн.})$

$K_{ДМ}$  - витрати на доставку і монтаж обладнання;

Витрати на доставку, монтаж машини і будівництво фундаменту розраховуємо у відсотках від ціни машини, згідно [10] вони складають 8-12 відсотків, приймаємо 8 відсотків.

$$K_{\text{дмН}} = C_{\text{Н}} \cdot \frac{8}{100} = 15654103.09 \cdot 0,08 = 1252328.24 \text{ (грн.)}$$

$$K_{\text{дмБ}} = C_{\text{Б}} \cdot \frac{8}{100} = 11931000,00 \cdot 0,08 = 954480,00 \text{ (грн.)}$$

$K_{\text{буд}}$  - витрати на виробничі споруди обчислюємо за формулою:

$$K_{\text{буд}} = K_{\text{будн}} = S \cdot \eta_g \cdot C_{\text{буд}} = 640 \cdot 1,5 \cdot 1500 = 1440000 \text{ (грн.)}$$

де  $S = 640 \text{ м}^2$  – площа обладнання (у плані);

$\eta_g = 1,5$  - коефіцієнт, що враховує додаткову площу на проходи, службові приміщення та інше, прийнятий по [10];

$C_{\text{буд}} = 1500 \text{ грн./м}^2$  - питома вартість виробничої площі (За даними КЦМ на початок проектування).

$K_{\text{с}}$ -спеціальні витрати на автоматику і КВП розраховуємо у відсотках від ціни машини, вони складають 10-15 відсотків, приймаємо 10 відсотків.

$$K_{\text{сБ}} = C_{\text{Б}} \cdot \frac{10}{100} = 11931000,00 \cdot 0,1 = 1193100,00 \text{ (грн.)}$$

$$K_{\text{сН}} = C_{\text{Н}} \cdot \frac{10}{100} = 15654103.09 \cdot 0,1 = 1569410.31 \text{ (грн.)}$$

Підставляючи числові дані до формули (6.10) отримуємо:

$$K_{\text{Б}} = 11931000,00 + 410000,00 + 954480,00 + 1440000 + 1193100,00 = 15928580 \text{ (грн.)}$$

$$K_{\text{Н}} = 15654103.09 + 410000,00 + 1252328.24 + 1440000 + 1569410.31 = 20325841.64 \text{ (грн.)}$$

### 7.5.2. Річна продуктивність

Річна продуктивність печі  $Q_p$  розраховується по формулі:

$$Q_p = Q_c \cdot F_d \tag{6.11}$$

де  $Q_c$  – годинна продуктивність печі, т/год.;

$F_d$  – дійсний річний фонд часу роботи печі, год.

Дійсний річний фонд часу розраховують по формулі:



$$F_{\delta} = F_n \cdot \left(1 - \frac{\delta}{100}\right), \quad (6.12)$$

де  $\delta$  - відсоток часу простою печі в планово-попереджувачому ремонті до номінального фонду часу,  $\delta = 4 \div 10\%$ . Приймаємо при роботі на безперервному тижні без зупинок виробництва  $\delta = 4\%$  для модернізованої і 10% для базової машини.;

$F_n$  – річний номінальний фонд часу роботи печі, год.

Номінальний фонд часу роботи печі  $F_n$  визначаємо за формулою, так як це безперервне виробництво:

$$F_n = S \cdot h \cdot D_p, \quad (6.13)$$

де  $S=3$  – кількість змін роботи;

$h=8$  – тривалість робочої зміни;

$D_p=365$  – кількість робочих днів у році.

Підставляючи числові дані до (5.13), (5.12), (5.11) отримуємо:

$$F_n = 3 \cdot 8 \cdot 365 = 8760 \text{ (год.)}$$

$$F_{\delta\delta} = 8760 \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 7884 \text{ (год.)}$$

$$F_{\delta m} = 8760 \cdot \left(1 - \frac{4}{100}\right) = 8410 \text{ (год.)}$$

$$Q_{p.\delta.} = 125 \cdot 7884 = 985500 \text{ (т)}$$

$$Q_{p.m.} = 125 \cdot 8410 = 1051250 \text{ (т)}$$

Поточні витрати на утримання та експлуатацію базового то проектного обладнання розраховують на рік за статтями, наведеними у табл. 6.10

Витрати на оплату праці основних працівників, що обслуговують обертову піч, розраховуємо по формулі:

$$C_3 = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^m t_{C_1} \cdot F_{\delta} \cdot \eta_{\delta} \quad (6.14)$$

де  $m=1$  – число основних працівників, що обслуговують обладнання;

$t_l=3,00$  (грн./год.)– годинна тарифна ставка працівника за даними підприємства;

$F_{\text{доб}}=8410$  (год.) – дійсний річний фонд часу;

$\eta_{\text{доп}} = 1,5 \div 1,7$  – коефіцієнт, що враховує доплати до основної зарплати.

Приймаємо  $\eta_d = 1,7$  [10];

Підставляючи числові дані до (6.15) отримуємо:

$$C_{3\text{б}} = 1 \cdot 3,00 \cdot 7884 \cdot 1,7 = 40208,4 \text{ (грн.)}$$

$$C_{3\text{м}} = 1 \cdot 3,00 \cdot 8410 \cdot 1,7 = 42891 \text{ (грн.)}$$

Нарахування на заробітну плату відповідно до діючого законодавства складають 39% (32% - пенсійний фонд; 2,9% - фонд соціального страхування; 1,9% - фонд зайнятості; 2,2% страхування від нещасних випадків).

$$H_{\text{з.р.б.}} = C_{\text{з}} \cdot \frac{39}{100} = 40208,4 \cdot \frac{39}{100} = 15681,28 \text{ (грн.)}$$

$$H_{\text{з.р.н.}} = C_{\text{з}} \cdot \frac{39}{100} = 42891 \cdot \frac{39}{100} = 16727,49 \text{ (грн.)}$$

Витрати на електроенергію:

$$C_e = \frac{1}{100} N_y F_g K_B K_M \Pi_e \quad (6.14)$$

де  $N_y$ -сумарна встановлена потужність електродвигунів,кВт;

$K_B$ -коефіцієнт, що враховує використання електродвигунів протягом робочого дня, приймаємо 0,75;

$K_M$ -коефіцієнт, що враховує використання встановленої потужності електродвигунів машини, приймаємо 0,75;

$\Pi_e=0,2436$  за даними КЦМ.

$$C_{\text{еб}} = \frac{1}{100} 400 \cdot 7884 \cdot 0,75 \cdot 0,75 \cdot 0,2436 = 4321,22 \text{ (грн.)}$$

$$C_{\text{ен}} = \frac{1}{100} 400 \cdot 8410 \cdot 0,75 \cdot 0,75 \cdot 0,2436 = 4609,52 \text{ (грн.)}$$

Витрати на утримання і ремонт хімічного обладнання визначають у відсотках від його вартості: 2,4% будівлі та споруди; 8% обладнання; 10% інструменти, засоби

автоматизації.

$$C_{\text{б\textsubscript{уд}}} = K_{\text{б\textsubscript{уд}}} \cdot \frac{2,4}{100} = 1440000,00 \cdot 0,024 = 34560,00 \text{ (грн.)}$$

$$C_{\text{обл\textsubscript{б}}} = C_{\text{б}} \cdot \frac{8}{100} = 11931000,00 \cdot 0,08 = 954480,00 \text{ (грн.)}$$

$$C_{\text{обл\textsubscript{н}}} = C_{\text{н}} \cdot \frac{8}{100} = 15651881,06 \cdot 0,08 = 12521590,49 \text{ (грн.)}$$

$$C_{\text{авт\textsubscript{б}}} = K_{\text{сб}} \cdot \frac{10}{100} = 1193100,00 \cdot 0,1 = 119310,00 \text{ (грн.)}$$

$$C_{\text{авт\textsubscript{н}}} = K_{\text{сн}} \cdot \frac{8}{100} = 1569410,31 \cdot 0,1 = 156941,03 \text{ (грн.)}$$

За проектного та базового обладнання амортизаційні відрахування не розраховують. З суміжного устаткування, споруд і будівель обчислюють повну величину амортизаційних відрахувань.

Амортизаційні відрахування з обладнання:

$$A_{\text{уст\textsubscript{б}}} = (C_{\text{сmb}} + K_{\text{дmb}}) \times \frac{a}{100} + K_{\text{сб}} \times \frac{a_{\text{с}}}{100} = (410000 + 954480,00) \times \frac{15}{100} + 1193100,00 \times \frac{25}{100} = 502947,00 \text{ (грн)}$$

$$A_{\text{уст\textsubscript{н}}} = (C_{\text{снн}} + K_{\text{днн}}) \times \frac{a}{100} + K_{\text{сн}} \times \frac{a_{\text{с}}}{100} = (410000 + 1252328,24) \times \frac{15}{100} + 1569410,31 \times \frac{25}{100} = 641701,81 \text{ (грн)}$$

де  $a=15\%$  - норма амортизаційні відрахування з обладнання,

$a_{\text{с}}=25\%$  - норма амортизаційні відрахування з КВП та автоматики.

- з будівель

$$A_{\text{буд}} = K_{\text{буд}} \cdot \frac{a_{\text{б}}}{100} = 1440000,00 \cdot \frac{5}{100} = 72000,00 \text{ (грн)}$$

де  $a_{\text{б}}=5\%$  норма амортизації відрахувань з будинків.

Таблиця 7.10

Поточні витрати на утримання та експлуатацію базового то проектного обладнання

Стаття	Витрати на обладнання,грн	
	базове	проектован е
1. Заробітна плата	40208,4	42891,00
2. Нарахування на заробітну плату	15681,28	16727,49
3. Витрати на енергію	4321,22	4609,52
4. Витрати на утримання і поточний ремонт обладнання та засобів автоматизації	1073790,00	12678531,52
5. Витрати на утримання та поточний ремонт будівель	34560,00	34560,00
6. Амортизаційні відрахування на обладнання	502947,00	641701,81
7. Амортизаційні відрахування на будівлі	48000	48000
Разом	1719507,9	13467021,34

## 7.6. Оцінка ефективності модернізації

### 7.6.1 Верхня межа ціни

$$C_{\text{вп}} = C_{\text{б}} \frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{б}}} + \frac{(I'_{\text{б}} - I_{\text{н}}) + E_{\text{н}}(K'_{\text{б}} - K_{\text{н}})}{a + E_{\text{н}}}$$

де  $I'_{\text{б}}, I_{\text{н}}$ - поточні витрати споживача, без урахування відрахувань на реновацію відповідно з базового та нового обладнання, зведені до річної продуктивності нового обладнання:

$$I'_{\text{б}} = I_{\text{б}} \frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{б}}} = 1719507,9 \frac{1051250}{985500} = 1834229,00$$

$K'_{\text{б}}, K_{\text{н}}$ - супутні капітальні витрати споживача(без вартості відповідно базового та нового обладнання), зведені до річного обсягу робіт при новому обладнанні:

$$K'_B = K_B \frac{Q_H}{Q_B} = 15928580.00 \frac{1051250}{985500} = 16991293.48$$

$E_H=015$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

$$C_{ВП} = 1193100 \frac{1051250}{985500} + \frac{(13467021.34 - 1834229.00) + 0,15(20325841.64 - 16991293.48)}{0,15 + 0,15} =$$

$$= 41715949.09$$

### 7.6.2 Сукупний ефект у виробника та у споживача

$$E = C_{ВП} - C_{НП}$$

де  $C_{ВП}$ -верхня межа ціни;  $C_{НП}$ -нижня межа ціни з урахуванням податку на додану вартість:

$$C_{НП} \approx C_H \left( 1 + \frac{\gamma}{100} \right) = 10034967.04 \left( 1 + \frac{20}{100} \right) = 12041960.45$$

$$E = 41715949,02 - 12041960,45 = 29673988,57$$

Таким чином, проведений економічний розрахунок доводить економічну доцільність проведення модернізації.

Порівняльні характеристики базової і модернізованої машини представимо у виді таблиці 7.11.

Таблиця 7.10

Характеристики базової і модернізованої машини

	Показники	Одиниця виміру	Базова піч	Проектована піч
1	Річна продуктивність	т	985500	1051250
2	Годинна продуктивність	т	125	125
3	Установлена потужність	кВт	400	400
4	Загальна маса, т	т	1550	1554,9
5	Термін служби	Років	10	10

6	Собівартість печі	Г рн.	-	100349 67,04
7	Капітальні вкладення споживача	Г рн.	1592 8580,00	203258 41,64
8	Чисельність обслуговуючого персоналу	Ч ол.	1	1
9	Поточні витрати при експлуатації машини	Г рн.	171950 7,9	13467021 ,34
10	Сукупний ефект виробника та споживача	Г рн.	-	29673988 ,57

#### Висновок

1. Розраховані всі витрати як у споживачів, так і у виробника;
2. Поточні витрати на зміст та експлуатацію базової та модернізованої машини.

## 8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

При проектуванні нової техніки і модернізації вже існуючої повинні цілком враховуватися вимоги діючого законодавства по охороні праці і навколишнього середовища.

Цілком безпечних і нешкідливих виробництв не існує. Задачі охорони праці – звести до мінімальної імовірності враження чи захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Модернізована обертова піч 5х100 застосовується в промисловості будівельних матеріалів і признача на для прожарювання вуглецевих матеріалів.

У процесі написання даного розділу розглянуті і розроблені заходи щодо наступних питань з охорони праці: виробниче освітлення, електробезпека, повітря робочої зони, безпека впливу деталей, що рухаються і обертаються, виробничий шум та пожежна безпека.

### 8.1 Виробниче освітлення

У денний час виробниче приміщення освітлюється природним світлом. Для цього вибирається бічне освітлення, через світлові прорізи в зовнішніх стінах. Розміри вікон 15х20м, їх кількість 10. КПО=1,6%.

Згідно СНиП II-4-79, робота з обслуговування устаткування відноситься до VI розряду підрозряду «а», тобто загальне спостереження за технологічним процесом. При цьому робоче місце машиніста обертової печі повинне мати освітленість робочої зони  $E_{\text{нор}}=150$  лк.

Устаткування працює в 3 зміни, виробництво безперервне. У темний час доби у приміщенні застосовується загальна освітленість люмінесцентними лампами ЛДЦ-40, їх кількість 55 з потужністю 40 Вт, світловим потоком  $F = 2100$  лм і освітленістю  $E_f = 100$  лк..

Знайдемо світловий потік:

$$F = \frac{150 \cdot 1.4 \cdot 600 \cdot 1.15}{55 \cdot (32/100)} = 8232.9(\text{лм}) \quad (7.1)$$

$$E\phi = \frac{FN\eta}{Sk_3\alpha} = 151.2(\text{лк}) \quad (7.2)$$

Визначивши світловий потік однієї лампи, вибираємо газорозрядні лампи типу ДРЛ-250 потужністю 250 Вт, світловим потоком  $F=1900$  лм (з відхиленням від розрахункового світлового потоку на 8%, що допускається) при напрузі 220 В.

Тоді фактична освітленість буде  $E_{\phi}=160$ , що і відповідає СНиП II-4-79.

## 8.2 Електробезпека

Виробниче приміщення, у якому встановлений пункт керування машиною, відповідно до діючих правил (ПУЕ) відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою поразки людей електричним струмом.

Для живлення установки використовується трифазна напруга 220/380 В, з частотою 50 Гц і ізольованою нейтраллю.

Безпека експлуатації устаткування забезпечується поруч організаційних і технічних мір захисту: застосуванням малих напруг ( $U=42\text{В}$ ), захисним поділом мереж, контролем і профілактикою ушкодження ізоляції (контроль ізоляції  $R \geq 0,5$  МОм), подвійною ізоляцією, забезпеченням неприступності струмоведучих частин, захисним заземленням, захисним зануленням, захисним відключенням, застосуванням засобів індивідуального захисту й ін [7].

З метою запобігання травм рекомендується вживання наступних заходів обережності:

- рубильники включення установки повинні знаходитися в спеціальній шафі;
- силові кабелі помістити в спеціальні захисні металеві рукава;
- передбачити спеціальне захисне відключення установки у випадку влучення людини під напругу;
- на панелі управління передбачити спеціальні лампи включення установки;
- вузли установки, що можуть виявитися під напругою, постачити затисками для підключення заземлення.

Заземлення установки виконується відповідно до ГОСТ 12.1. 030-81.



Біля датчиків заземлення нанести незмивний фарбою знаки «Земля» за ГОСТ 12.1.030-81.

Електрична міцність ізоляції перевіряється на іспитовій напрузі 200 В с частотою 50 Гц у плинні 1 хвилини.

Опір ізоляції повинен бути не менш 0,5 мОм.

Електрична апаратура, встановлена усередині робітників приміщень, повинна мати ступінь захисту Ір-51 ГОСТ 14254-80.

Ізоляція провідників виміряється мегаамперметром П044Т У25-0.4-1970-80.

### **8.3 Повітря робочої зони**

Обслуговування обертової печі відноситься до категорії робіт з витратою 120-150ккал/ч - категорія Іб (робота сидячи або з ходьбою, що супроводжується деякою фізичною напругою).

Фактичні параметри: температура в холодний період року 19-22 °С, в теплий 22-25 °С; відносна вологість повітря 40-60%; швидкість руху повітря в холодний період 0,1 м/с, в теплий 0,2 м/с. Що відповідає вимогам ДСН 3.3.6.042-99 і забезпечується наступними заходами:

- у холодний час року підігрів приміщення батареями з теплоносієм водою, нагрітої до  $t\ 60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ;
- у теплий час року загальобмінною вентиляцією через верхні прорізи вікон, через двері.

На виробництві виділяється цементний пил з концентрацією 18 мг/м<sup>3</sup> та рахунок встановленої вентиляції концентрація зменшуються і ГДК цементного пилу  $C_{ГДК}=6\text{ мг/м}^3$  що відповідає нормам ГОСТ 12.1.005-88(96).

### **8.4 Небезпека впливу деталей, що рухаються і обертаються**

Небезпечними частинами обертової печі, що рухаються і обертаються є:

- корпус печі;
- бандаж;
- відкрита зубчаста передача;

- муфта головного редуктора;
- опорні ролики;

Ці механізми є небезпечними, тому що можливе нанесення механічних травм. З метою запобігання травм встановлені огороження і захисні кожухи.

Для огороження використовуємо зварені з прутів у виді ґрат екрани.

Обертові механізми двигунів і муфт встановлені в нерухомих кожухах.

## 8.5 Виробничий шум

Джерелами шуму в даній установці є електродвигуни.

У результаті вимірів устаткування при експлуатації виявлене значення шуму 60 Дб, а нормальне значення складає 75 Дб, при частоті  $f = 1000$  Гц (ДСН 3.3.6.037-99).

Таким чином, видно, що виміряний рівень звукового тиску не перевищує допустимого та не може здійснювати шкідливий вплив на працюючих.

Зменшення шуму досягається застосуванням наступних мір захисту від виробничого шуму:

- масляна ванна (шар мастильного матеріалу між зчленованими елементами усуває можливість їхнього безпосереднього контакту, а отже, й появи сил поверхневого тертя);
- застосування захисних кожухів на муфтах;
- застосування засобів дистанційного керування й автоматичного контролю, що дозволяє винести місце оператора в окреме приміщення.

## 8.6 Пожежна безпека

Специфічною небезпекою печі являється можливість утворення та вибуху газу внаслідок пошкодження трубопроводів. Суміш газу з повітрям являється вибухонебезпечною при певному процентному співвідношенні газу в суміші.

Мінімальний та максимальний зміст горючого газу в газоповітряній суміші, у межах яких може відбутися вибух, називаються відповідно нижніми та верхніми межами вибуху. Межі вибуху для різних вуглеводневих газів неоднакові. Чим більше у газі важких вуглеводнів, тим вужчі межі вибуховості

Правила безпеки обслуговування окремих агрегатів чи пристроїв повинні бути викладені в інструкції по експлуатації кожного агрегату. До числа загальних вимог відносяться слідуєчі [9].

1. Всі лотки та канали обрамлені кутовим залізом і перекриті листами заліза або залізобетонними плитами.

2. Усі ями, заглиблення, отвори в підлозі та міжповерхових перекриттях, переходи та містки повинні бути обгороджені поручнями висотою не менше 1м

Пожежна безпека відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 забезпечується системами запобігання пожежі, пожежного захисту, організаційно-технічними заходами.

Система запобігання пожежі від електроустаткування містить у собі контроль і профілактику електроізоляції, наявність плавких вставок і запобіжників в електроустаткуванні, використання заземлення для захисту від статичної напруги.

Система пожежного захисту передбачає аварійне відключення й перемикання апаратур; наявність первинних засобів пожежогасіння в тому числі вогнегасників типу ОУ або порошкових вогнегасників; систему оповіщення, світлову й звукову сигналізації; захист легкозаймистих частин устаткування вогнезахисними матеріалами; використання не горючих матеріалів для акустичної обробки стін і стель; установку автоматичної системи пожежного захисту в приміщеннях, де немає робітника персоналу; розміри дверей робочого приміщення (евакуація персоналу при пожежі) наступні : ширина дверей не менш 1.5 м; висота дверей не менш 2.0 м; - ширина коридору 1.8 м; робочі приміщення повинні мати два виходи; відстань від найбільш вилученого робочого місця не повинне перевищувати 100 м (СНиП 2.09.02-85)

Організаційні міри пожежної профілактики:

1. навчання персоналу правилам пожежної безпеки;
2. наявність необхідних інструкцій і плакатів, плану евакуації персоналу у випадку пожежі.

Приміщення обертової печі відноситься до пожаронебезпечних. Оскільки в приміщенні використовуються прилади з високою температурою, то його варто віднести до категорії "В" пожаронебезпечних приміщень. Клас пожежонебезпеки ПІ оскільки в приміщенні знаходяться електроустановки. Приміщення обертової печі можна віднести до вибухобезпечного.

Виробничі приміщення згідно СНиП 2.01.02-85 "Противопожечні норми", є І або

II ступенів вогнестійкості.

Необхідно оснастити приміщення первинними засобами пожежогасіння: внутрішніми пожежними водопроводами, ручними і пересувними вогнегасниками, сухим піском, азбестовими ковдрами. Пожежні крани повинні бути встановлені в коридорах, на площадках сходових кліток, у входів. Щити протипожежного захисту повинні бути оснащені ручними вуглекислотними вогнегасниками, тому що для даного класу приміщень рекомендується використовувати хімічні засоби гасіння пожежі. Для гасіння пожеж у замкнутих обсягах, яким і є приміщення техвідділу, застосовують вуглекислий газ для припинення подачі кисню повітря до вогнища загорання.

Первинними засобами пожежегасіння можуть послужити ручні вогнегасники типу: ОУ-5 і ОУ-8. У приміщенні як первинні засоби пожежегасіння передбачені порошкові вогнегасники типу ОПС-6, однак їхнє застосування може зробити значний збиток у наслідку псування дорогої електронної апаратури, тому рекомендується застосовувати пінний вогнегасник типу ОХП-10.

#### Висновок

1. Розглянуто небезпеку впливу деталей печі, що рухаються й обертаються;
2. Проведений розрахунок штучного освітлення.

## ВИСНОВОК

В магістерській дисертації на тему „Обертова піч 5x100 для для прожарювання вуглецевих матеріалів з модернізацією корпусу” розглянуто технологічну схему виготовлення графітових електродів. При цьому визначено, що підготування сировини матеріалу визначає стабільність процесу виготовлення електродів та їх кінцеву якість. Розглянуто конструкцію обертової печі прожарювання та режими її роботи. Розглянуто теплову характеристику роботи печі прожарювання. Визначено, що при прожарюванні графітового коксу 42% тепла в піч потрапляє за рахунок його згорання. Розглянуто технічні рішення направлені на підвищення експлуатаційних характеристик печі. Визначено технічне рішення, що є найбільш раціональним з точки зору модернізації печі з метою зниження відсотку згорання матеріалу, що прожарюється. Визначено конструктивні особливості вибраного технічного рішення в кількості достатній для проведення з визначенням теплових та механічних розрахунків, що підтверджують працездатність проведеної модернізації. Розглянуто, схему рекуперації теплоти летючих, які виділяються при прожарюванні матеріалу.

У розділі «Розробка стартап проекту» розраховані витрати як у споживача, так і у виробника обертової печі. Поточні витрати на зміст і експлуатацію базової та модернізованої машини.

У розділі “Охорона праці” розглянуті наступні питання: повітря робочої зони, виробничий шум, вібрація, небезпека впливу частин печі, що рухаються й обертаються, електробезпека, пожежна безпека, був проведений розрахунок штучного освітлення, охорона навколишнього середовища.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ANSYS [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ansys.com/>
2. А.Я. Карвацький, Є.М. Панов, С.В. Кутузов, І.Л. Шилович, Г.М. Васильченко, С.В. Лелека. Теоретичні та експериментальні дослідження теплоелектричного та механічного стану високотемпературних агрегатів – М: Монографія, 2012. – 350с.
3. Богданов Н.Н. Полукоксование и газификация кокса / Н. Н. Богданов — М.:Госэнергоиздат, 1947. – 268 с.
4. Гнедина М.А. Расчет температурных параметров зоны спекания вращающихся печей / М.А. Гнедина, Г.А. Соколинская // Цемент. –1979. - № 1.- С. 14-18.
5. Дешко Ю.И. Наладка и теплотехнические испытания вращающихся печей на цементных заводах / Дешко Ю.И. - 2-е изд., доп. и перераб. - Москва : Стройиздат, 1966. – 247 с.
6. Исследование обжига заготовок в многокамерных печах / М. А. Степаненко, Е. М. Солдатенко, Н. И. Матусяк [и др.] // Кокс и химия. – 1958. – № 2. – С. 22 – 27.
7. Красюков А. Ф. Нефтяной кокс (Производство, свойства) [изд. 2-е, доп. и перераб.] А. Ф. Красюков – М. Химия, 1966. – 277 с.
8. Креховецький О.М., Дулеба В.П. Аналіз ефективності теплової роботи обертової печі
9. Круць Т.М., Федунь Б.В., Саницький М.А. Теплотехнічний розрахунок цементної обертової печі з використанням альтернативного палива.
10. Кухлинг Х. Справочник по физике / Кухлинг Х.; Пер. с нем. под ред. Е.М. Лейкина. - М : Мир, 1982. - 519 с.
11. Липович, В.Г. Химия и переработка угля / В.Г. Липович [и др.]. – М.: Химия, 1988. – 336 с.
12. Лисиенко В. Г. Вращающиеся печи: теплотехника, управление и экология: в 2-х кн. / В. Г. Лисиенко, Я. М. Щелоков, М. Г. Ладыгичев; под ред. В. Г. Лисиенко. – Справ. изд. - М.: Теплотехник, 2004 (ППП Тип. Наука). – Кн.2. – 592 с.
13. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Вращающиеся печи: теплотехника, управление и экология: Справочное издание: В 2-х книгах. Книга 1 / Под редакцией В.Г. Лисиенко. – М.:Теплотехник, 2004. – 688с.
14. Методика экспериментальных исследований тепловых режимов и построения

- енергобалансов печей графитации / Е. Н. Панов, И. Л. Шилович, С. В. Кутузов [и др.] // «Электротермия – 2004» : научно-техн. конф., (Санкт–Петербург, 1—4 июня 2004 г.) : докл. –СПб. 2004. –С. 106—117.
15. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. Изд. 2-е, стереотип. М.: Энергия, 1977. – 345с.
16. Панов Е. Н. Комплекс сбора данных для высокотемпературных промышленных агрегатов / Е. Н. Панов, С. В. Лелека, М. В. Коржик // ПиКАД. – 2005. – № 2. – С. 28 – 30.
17. Пат. № 2483259 Україна, МПК F27B 7/10. Пристрій для карбонізації малофракційних продуктів / Гольбек С.В., Сопов Л.П., Кондратенко А.Н.– № u 2017 03050; заявл. 31.01.2017; опубл. 10.10.2013, Бюл №15.
18. Пат. № 1638512, МПК F27B 7/32. Обертова піч для отримання цементного клінкеру / Устин В.Ф., Барон В.Л., – №4630320/23-33; заявл. 02.01.1989; опубл. 30.03.1991, Бюл №12.
19. Пат. № 2566239, МПК F27B 7/14. Аксіальна обертова піч / Теляшев Е.Г., Хайрудінов І.Р., Жирнов Б.С., Трошин А.М., заяв. 14.02.2014; публ. 20.10.2015
20. Пат. № 2127406, МПК F27B 7/27. Активна футерівка високотемпературної обертової печі / Воробйов А.Н., Зубащенко В.М., Гурянов С.Н.–№ u200702600 ; заявл. 12.03.1996; опубл. 25.07.1999, Бюл. № 11.
21. Преображенский В. П. Теплотехнические измерения и приборы : учебн. [для вузов] / Виктор Павлович Преображенский. – М. : Энергия, 1978. – 704 с.
22. Санников Л.К., Сомов А.Б. и др. Производство электродной продукции. – М.: Металлургия, 1985.
23. Справочник по производству цемента / Под ред. Холина И.И. – Москва: Промстройиздат, 1963. – 852с.
24. Сюняев З. И. Производство, обогащение и применение нефтяного кокса / З. И. Сюняев. –М. : Химия, 1973. – 296 с.
25. Український графіт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ukrgrafit.zp.ua/osnapro>
26. Химические вещества из угля. Пер. с нем. / Под ред. И. В. Калечица — М.: Химия, 1980. – 616 с.
27. Ходоров Е.И. Печи цементной промышленности. - 2-е изд., доп. и перераб./ Е.И.

- Ходоров - Ленинград: Стройиздат. [Ленингр. отд-ние], 1968. - 456 с.
28. Центр ресурсоефективного і чистого виробництва [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.respc.org>
29. Чалых Е.Ф. Оборудование электродных заводов. Учебное пособие для металлург. и хим.-технолог. спец. вузов – М. Металлургия, 1990 – 238с.
30. Щербина В.Ю. Розвиток теорії та удосконалення технологічних процесів при виробництві будівельних матеріалів у високотемпературних агрегатах: диссертация ... доктора технических наук: 05.17.08 / Щербина Валерій Юрійович; - Київ, 2017. - 393 с. URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/21630>.
31. Сахаров О. С. Щербина В.Ю., Гондляр О.В., Сівецький В.І. САПР. Застосування програмного комплексу ВЕСНА в розрахунках процесів і обладнання з врахуванням термосилових навантажень.: Навчальний посібник // – К.: Видавництво “ЕКМО”, 2009. – 180 с
32. Пат. № 2508389 РФ, МПК F28D 11/02. Вращающийся холодильник для охлаждения сыпучих материалов / Ахметов М.М., Теляшев Э.Г. – №2012133642/05; заявл. 06.08.2012; опубл. 27.02.2014, Бюл № 6.





## **ДОДАТОК Б Креслення**